《心理学报》论文自检报告

请作者填写以下内容，粘贴在稿件的首页。

1. 请以“研究亮点”的形式列出最多三条本研究的创新性贡献，总共不超过 200 字。
《心理学报》的目标是发表“既科学优秀，又具有广泛兴趣和意义” (be both scientifically excellent and of particularly broad interest and significance)的心理学前沿研究。如果您的研究只有小修小补的贡献，没有尝试开创新的研究领域(new areas of inquiry)或提出独到见解和创新视角(unique and innovative perspectives)，特别纯粹只是研究没有明确心理学问题的算法或技术的工作，这类研究被本刊接受的机会小，建议另投他刊。
答：（1）本研究基于国家自然科学基金面上项目，对青少年网络适应的内涵进行了全新的梳理与系统的呈现，对培养新时代青少年的网络适应具有重要意义。
（2）本研究科学且合理地采用了网络分析方案，将具体研究问题与分析方法紧密结合。研究框架可概括为：横断网络分析用于探索核心特质和关键机制，网络比较用于评估时间维度上的稳定性；交叉滞后网络分析用于明晰内部流转及外部联结。总之，此研究具备理论上和方法论上的重要贡献。

2. 作者已经投稿或发表的文章中是否采用了与本研究相同的数据？如果是，请把文章附上审查。(我们不赞成作者用同一数据发表多篇变量相同的文章，也不赞成将一系列的相关研究拆成多个研究来发表的做法。)
答：否。

3. 管理、临床、人格和社会等领域仅有自我报告(问卷法)的非实验非干预研究，需要检查数据是否存在共同方法偏差(common method bias)。为控制或证明这种偏差不会影响研究结论的效度，你使用了什么方法？采取了哪些措施？(共同方法偏差的有关文献可参见：http://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/abstract/abstract894.shtml)基于横断数据，仅有自我报告，仅仅在方便样本中施测，这样的研究数据易取得，但通常创新性价值不大，被本刊接受的机会小。
答：已按照科学的方法进行共同方法偏差检验，结果如下：

对于时间点 1 收集的 5783 名参与者的数据，采用 Harman 单因素检验对共同方法偏差进行检验，一共得到 19 个特征根大于 1 的未旋转公因子，最大因子的方差解释率为 32.38%（<40%）。

对于时间点 2 收集的 1235 名参与者的追踪数据，同样采用 Harman 单因素检验对共同方法偏差进行检验，一共得到 23 个特征根大于 1 的未旋转公因子，最大因子的方差解释率为 34.02%（<40%）。因而本研究不存在严重的共同方法偏差问题。（周浩，龙立荣, 2005；汤丹丹，温忠麟, 2020）。

汤丹丹，温忠麟.(2020). 共同方法偏差检验：问题与建议. *心理科学,* (1),215−223.

周浩，龙立荣.(2004). 共同方法偏差的统计检验与控制方法. *心理科学进展, 12*(6),942−950.

4. 是否报告并分析了效果量(effect sizes；如：*t* 检验：Cohen's *d*；方差分析：η^2 或 η_p^2；标准化回归系数)？(很多研究只是机械地报告了效果量，但没有做必要的分析或说明，如效果量是大中小？有什么理论意义或应用意义？)。(在 google 中搜索 “effect size calculator”，可搜到许多计算方便的 APP。效应量的有关解释，中文可参考：http://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/abstract/abstract1150.shtml；英文可参看：http://www.uccs.edu/lbecker/effect-size.html
是否报告统计分析的 95% CI？(如，差异的 95% CI；相关/回归系数的 95% CI)置信区间的有关计算和绘图可参考 https://thenewstatistics.com/itns/esci/)
答：是。

5. 请写出计划的样本量，实际的样本量。如果二者有差别，请写出理由。以往心理学研究中普遍存在样本量不足导致的低统计功效(power)问题，我们建议在论文的方法部分解释您计算及认定样本量的依据。应该以有一定依据的效果量(effect size)、期望的功效来确定样本量，并报告计算用软件或程序。样本量计划的理由和做法可参考 https://osf.io/5awp4/
答：计划样本量 1000+，实际样本量 5000+。

6. 假设检验中，如果是零假设显著性检验(NHST)，需报告精确 *p* 值而不是 *p* 的区间(小于 0.001 的报告区间，其他报告精确 *p* 值)。你的论文是否符合该项要求？如果是贝叶斯因素，是否已报告其对先验分布假定的敏感性？
答：是。

7. 为保证论文中数据报告的完备性，统计分析中如果剔除了部分数据，是否在文中报告？原因是什么？包含这部分数据的统计结果如何变化？统计分析中是如何处理缺失数据的？使用量表时是否删除了其中的个别题目？原因是什么？如果包含这部分题目，统计结果会如何变化？是否有测量的项目或者变量没有报告？原因是什么？请写出在论文中的位置。
答：已在文中说明。

8. 研究用到的未经过同行评议和审查的实验材料、量表或问卷，是否附在文件的末尾以供审查？如果没有，请写出理由。如果该文发表，您是否愿意公开这些材料与其他研究者共享？
答：是，愿意。

9. 本刊要求作者提供原始数据，请在以下 3 种里选择一种打√：

a)投稿后将数据发至编辑部邮箱 (√)

b)数据可以从如下链接中获得 ____ ( )

c)原始数据和程序已在心理科学数据银行(https://psych.scidb.cn/)上分享 ( )

d)如不能提供，请说明理由或提供有关证明。

10. 您的研究是否是临床干预或实验室实验？ 是( ) 否(√)
如果是，请提供预注册登记号 ______________________。
如果没有，请说明原因____。
注：临床干预或实验室实验，建议在收集数据前预注册(pre-register)。也鼓励其他实验研究预注册。预注册要求写出所有的研究假设及其支持，以及实验/干预的详细过程和步骤。本期刊的预注册网站是 https://os.psych.ac.cn/preregister (使用说明书见本刊网站"下载中心")或 https://osf.io/ 或 https://aspredicted.org/。如果您的研究有预注册，会显著增加被录用的机会。预注册的重要性可参考 https://osf.io/5awp4/

11. 您的研究如果用到了人类或动物被试，是否得到所在单位伦理委员会的批准？如果是，请把扫描版发至编辑部邮箱。如果否，请说明理由。
答：是。

12. 是否依据编辑部网站发布的"英文摘要写作注意事项"撰写 400~500 个单词的英文大摘要？英文题目和摘要是否已请英语好的专业人士把关或者已送专业 SCI/SSCI 论文编辑公司修改润色？
答：是。

13. 如果第一作者是学生，请导师单独给编辑部(xuebao@psych.ac.cn)发邮件，说明已阅读本文并认真把关。是否已提醒导师给编辑部发邮件？(编辑部收到导师邮件后才会考虑进入稿件处理流程)
答：是。

14. 请到编辑部网站首页右侧"下载中心"下载并填写"稿件不涉密证明"，加盖通讯作者单位的保密办公章，把扫描件发至编辑部邮箱(xuebao@psych.ac.cn)。如没有保密办公章，请加盖通讯作者的单位公章。是否已发邮件？
答：是。

青少年网络适应的拓扑结构分析：基于纵向追踪数据

摘要 网络适应作为当代青少年成长至关重要的环节，其复杂多维的内部属性仍未得到系统探讨。本研究首次采用网络分析方法探讨青少年网络适应的核心特征、动态演变以及外部联结。横断网络分析揭示了青少年的好奇心对网络适应的非线性影响，即过高或过低的好奇心均不利于网络适应的发展。交叉滞后网络分析表明，网络自我效能感在网络适应发展过程起“总舵手”作用，而网络信息搜索能力是青少年网络适应的重要“落脚点”。二元网络分析指出，网络信息保护能力对网络成瘾具有最显著的直接影响。本研究不仅为理解青少年在数字世界中的成功适应提供了全新视角，也为新时代的数字化教育实践提供了重要启示。

关键词 青少年，网络适应，网络分析，网络成瘾，拓扑结构

分类号 B844.2

1 引言

当代社会，人工智能技术与互联网的深度融合已日益成为推动社会进步的核心动力，不仅重塑了工业、商业等各个领域的运作方式，也在深刻影响着人们的日常生活，特别是教育、娱乐及社交等关键领域。对于青少年而言，网络不仅提供了海量的信息和知识资源，也成为了他/她们展现自我、实现交流互动和获取情感支持的重要平台。研究表明，青少年所受到的网络影响并非单纯由网络内容所决定，而是更多地取决于他/她们如何适应和利用网络服务(Banjanin et al., 2015; Borca et al., 2015; Fumero et al., 2018)。因此，网络适应表现成为了一个至关重要的因素，不仅关乎青少年能否有效利用网络资源，更关系到他/她们的社会性发展。事实上，适应并非简单指个体对环境的顺应，而是更深层次的主体与客体之间的动态关系(陈建文, 王滔, 2003)。适应意味着个体在面对环境变化时，能够根据自身的需要和价值取向，调整思维、情感和行为，以更好地适应环境的要求和变化，同时也可能促使环境因个体的存在而发生变化。当前，网络适应被概括为个体在与网络环境动态交互过程中形成的网络适应性和网络适应状态(王伟军等, 2021)。其中，网络适应性是指个体为了生存与发展，与网络环境保持和谐关系所具备的个体特征。如网络人际适应，网络自我效能；网络适应状态则是个体在经历网络适应过程后最终呈现的平衡(适应良好)或不平衡状态

(适应不良)。

以往研究揭示，拥有较高网络自我效能和较强在线社交能力的青少年，通常能更有效地利用网络资源，进而获取更多的社会支持与有效信息(姜永志等, 2016; Zheng et al., 2020)。相比之下，性格较为内向或害羞的青少年可能更倾向于将网络视为休闲娱乐的途径，以此来缓解现实生活中的社交压力(Orr et al., 2009; Ryan et al., 2011; Wang et al., 2015)。元分析结果也显示，当青少年将网络主要用于教育目的时，其学业成绩往往呈现正向增长，而以娱乐为目的的网络使用则可能导致学业成绩的下滑(Wang et al., 2024)。此外，不恰当的网络使用行为，如过度沉迷网络游戏或社交媒体，可能导致青少年出现孤独感、抑郁情绪、睡眠障碍和攻击行为等内外化问题(Liu et al., 2011; Moretta & Buodo, 2020; Restrepo et al., 2020)。这些问题不仅影响青少年的身心健康，还可能对他们的学业成绩和社会交往能力造成长期的不良影响。综上所述，系统地提高青少年的网络适应能力，引导他们健康、理性地使用网络资源，已成为当前社会发展中亟待开展的重要课题。这不仅需要家庭、学校、社会等各方共同努力，也需要借助科学理论和政策引导等多方面的支持。

目前，已有一些研究探讨了青少年网络适应的概念、结构、测量和影响关系(如, 赵航等, 2022; Yue et al., 2024)，但多采用传统的变量间分析视角，而忽略了青少年网络适应的内部拓扑性质。由于青少年的网络适应是个多维且复杂的网络系统(王伟军等, 2021)，对其内部拓扑性质的探讨将有助于我们进一步厘清与掌握青少年网络适应问题。同时，网络成瘾作为青少年网络适应不良的典型表现，我们也将探讨这二者之间的网络关系。简而言之，本研究拟探讨以下三个问题：

问题 1：青少年网络适应的核心特征与内部结构如何？

问题 2：青少年网络适应是否具有跨时间稳定性？

问题 3：青少年网络适应与网络成瘾内在联系如何？

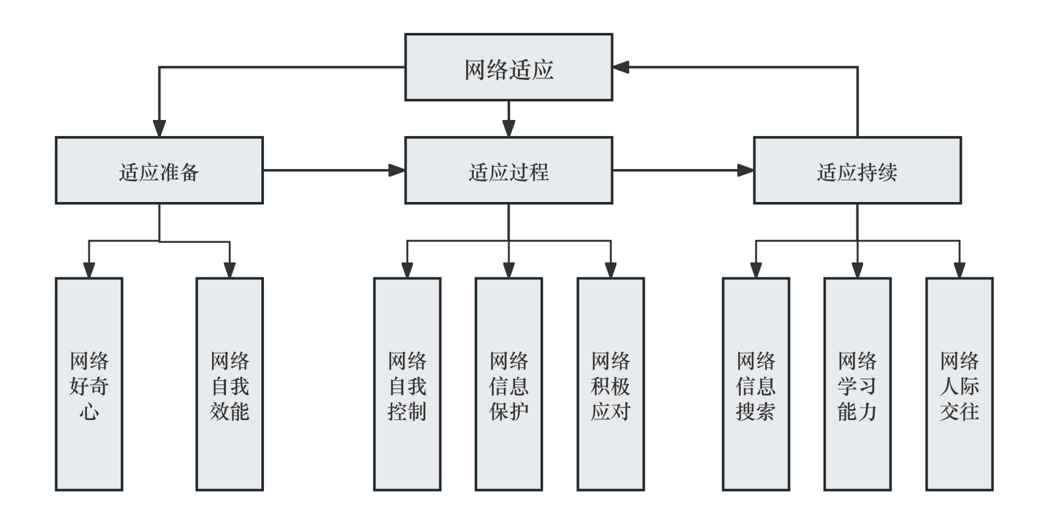
基于此，本研究拟运用网络分析技术，从网络的视角揭示青少年网络适应的核心特征、内部结构、动态演变以及与外延变量的关系网络，为理解青少年在数字世界中的成功适应提供一个综合视角和方法，也为预防和干预青少年网络成瘾提供科学启示。

2 文献回顾

2.1 网络适应的概念和结构

网络适应是指个体在与网络环境的互动中不断适应的动态过程(王伟军等, 2021)。网络

适应能力体现为青少年在不断变化的网络环境中调整自己行为和心态的过程。这是一个动态的、持续发展的过程，需要个体不断地学习和适应新的技术、社交规范和网络文化。同时，这种适应是反应性的，通常由外部环境的变化驱动，例如新的社交媒体平台的兴起、网络风险的变化或数字技术的更新。青少年的网络适应能力也会随着经验的累积和技能的提升而变化，表现为一种流动和变化的特征。相比之下，学界早年提出的网络素养(或信息素养)更像是一种稳定的能力或资质(McClure, 1994; 王伟军等, 2020)。它包括了个体在网络环境中



必需的知识、技能和态度。网络素养通常经过系统学习和长期积累形成，一旦建立，就相对稳定，为个体在数字世界中的有效行动提供了基础。因此，虽然网络适应能力和网络素养都对青少年在数字世界中的成功至关重要，但它们的本质区别在于适应能力的动态过程性和素养的稳定性质。青少年需要不断发展他们的网络适应能力来应对数字世界的快速变化。

图 1 网络适应过程示意图

如图 1 所示，青少年的网络适应过程可分为三个阶段(八个维度)：条件准备阶段(网络好奇心、网络自我效能感)，适应过程阶段(网络自我控制、网络信息保护、网络积极应对)和适应持续阶段(网络搜索能力、网络学习能力、网络社交能力) (王伟军等, 2021)。青少年在网络适应的各个维度上的表现存在差异，也反映了他们各自独特的成长背景、生活经验和个性特征。例如，某些青少年在检索网络信息方面可能表现优异，但在自我控制方面面临挑战；而其他青少年可能在在线社交活动中表现得游刃有余，却在利用网络资源进行学习时遇到困难。鉴于此，要有效提升青少年的网络适应能力，必须深入理解网络适应的概念内涵，进而制定个性化的干预措施和支持策略。这将有助于构建更具针对性的网络适应能力提升计划，促进青少年在快速发展的网络环境中的有效适应。

2.2 网络分析方法及应用

网络分析是一种将系统特征与信息以网络结构展示的方法，由“节点”与“连线”构成(蔡玉清等，2020)。该分析方法主要用于识别网络节点的中心地位，以及节点之间的关系(Borsboom et al., 2021)。Lauritzen (1996)和 Pourahmadi (2011)在网络分析中引入偏相关系数，以更精确地描绘节点之间的真实联系。偏相关网络模型是一种基于加权相关网络的模型，它控制了其他节点对两节点间关系影响的可能性，从而为探究节点间关系的准确性提供了方法(Borsboom & Cramer, 2013; McNally et al., 2015)。偏相关系数的绝对值范围为 0 至 1，其中，某两个节点之间的偏相关系数是指在保持网络中其他信息不变的情况下，这两点之间的相关性，因此也被称为“条件独立性相关”(蔡玉清等, 2020)。

网络分析主要优势是，在没有关于变量如何相关的强有力先验理论的情况下，仍可有效探索高维数据的结构(Borsboom et al., 2021)。在心理学实证研究中，网络分析具有以下显著特点：其一，网络分析不依赖于潜变量的定义，而是基于观测变量构建模型，从而使得直接分析各观测变量间关系成为可能。其二，网络分析技术可用于研究不同节点(即观测变量)之间的相互影响，及其随时间变化的过程，这通常通过构建观测变量间的时间(有向)网络模型来实现。其三，网络分析将所有观测变量纳入一个统一的网络框架之中，从而从网络整体变化的角度，考察某一心理或行为系统的发生和发展过程(蔡玉清等, 2020)。因此，网络分析方法成为了研究青少年网络适应的不可或缺的工具。它将帮我们揭示青少年在数字世界中的行为模式，并为精准支持方案提供了的设计基础。

在已有的研究中，网络分析已展现出其独特的价值。在心理健康领域，研究者曾通过网络分析构建了自杀意念变量网络，揭示了变量间的潜在相互作用，并强调了挫败感的核心地位(Ordóñez-Carrasco et al., 2023)。还有研究者通过对不同国家的人格特质进行网络比较，揭示不同文化背景中人格中心特质的差异(Ramos-Vera et al., 2023)。在教育领域，研究者通过建立交叉滞后网络分析模型，探索了小学教师职业倦怠的发展关系，并提出了有效的干预措施(谢敏等, 2022)。此外，在应对社会事件方面，研究者利用网络分析方法构建了 COVID-19 疫情期间中国人精神病症状网络，并发现了不同阶段网络中心特征的变化(Wang et al., 2020)。这些研究例证表明了网络分析在识别关键特征和明晰动态演变过程中的重要作用，为本研究在探索网络适应内部结构提供了方法论上的支撑。

综上，本研究将从局部到整体，同时结合时间维度，深入探讨网络视角下青少年网络适应的拓扑性质及演变规律。

3 方法

3.1 参与者

本研究在武汉和湖南两个地区的多所学校进行问卷调查，并提前获得了通讯作者所在单位的伦理审查委员会的批准。数据收集征得了学生本人、班级负责人以及学校层面的同意。参与者被告知允许在参与调研的任意时间点退出。问卷数据全部通过纸笔作答的形式获取，非认真作答的样本在整理时被剔除。最终，在时间点 1 收集了 5783 名参与者的有效数据，其中男性 2162 名，占 37.4%。平均年龄为 17.20，标准差为 2.62；五个月后，追踪了其中 1235 名参与者的数据，其中男性 469 名，占 38%。平均年龄为 14.98，标准差为 1.66。

3.2 测量工具

网络适应。青少年网络适应通过网络适应量表测量(Wang et al., 2023)。该量表包含八个维度，由 39 个条目组成，分别是网络好奇心(5 条目，如“网络中那些陌生的人和事常常让我感到很好奇”)、网络信息搜索能力(3 条目，如“感兴趣的文字，图片或者视频，我都有方法在网上搜到”)、网络学习能力(4 条目，如“我会利用网上的学习资源提升自己的能力”)、网络人际交往能力(7 条目，如“我在网上认识了更多志同道合的朋友”)、网络自我控制能力(5 条目，如“我会有计划的安排自己的上网时间”)、网络自我效能感(5 条目，如“我相信自己能在较短的时间内掌握最新的网络技术”)、网络信息保护(4 条目，如“我不会随意点开未知链接”)以及网络积极应对策略(6 条目，如“在网络中遇到困难时，我会尝试换一个视角去看待”)。其全部题项内容见附录表 S1。本研究中该量表的克隆巴赫 α 为 0.954。

网络成瘾。通过 Young 氏网络成瘾诊断自评问卷中文版进行测量(李毅等, 2012)。该问卷共包含 8 个条目(如：我曾努力过多次想控制或停止使用网络，但没有成功)，对每个提问肯定回答计 1 分，否定回答则计 0 分。其全部题项内容见附录表 S1。本研究中该量表的克隆巴赫 α 为 0.912。

3.3 数据分析

3.3.1 横断网络分析

本研究主要使用 R(4.3.2 版本)进行统计分析。采用 bootnet 包(Epskamp, Waldorp et al., 2018)内的 EstimateNetwork 函数(高斯图模型 GGM)估计了青少年网络适应性的横断网络。使用最小绝对值收缩与选择算子(LASSO)对网络进行正则化(Tibshirani, 1996)，该算子计算偏相关并通过将其减少到零以去除假阳性(即强度较弱或虚假估计)边线(Epskamp, Waldorp et al., 2018)。并利用图形化最小绝对值收缩与选择算子与扩展贝叶斯信息准则(EBIC)进行模型选择。超调整参数γ值被设置为 0.5，有助于平衡边线估计的灵敏度和特异性，并最大化选择真实估计边线的机会(Chen & Chen, 2008; Epskamp, Waldorp et al., 2018; Foygel & Drton, 2010)。网络中所有节点的位置由 Fruchterman-Reingold 算法决定，该算法将关联更强的节点放置在彼此更近的位置(Fruchterman & Reingold, 1991)。网络中的边线代表控制了其他变量影响后两个节点之间的偏相关系数，更粗和更饱和的线条表明关系更强。节点之间的蓝线代表正相关关系，红线代表负相关关系。

本研究计算了强度和预期影响作为横断网络中的节点的中心性指标。节点强度表示节点的直接连接性，是连接到其他各个节点的边线权重的绝对值之和。强度值越高表明节点与其他节点之间的连接越强，其在网络中的影响力更大 (Epskamp, Borsboom et al., 2018)。预期影响则是在强度的基础上考虑了网络内的正向和负向关系，能够提供更为全面的对网络整体的影响力评估(Bekkhus et al., 2023; Robinaugh et al., 2016)。

3.3.2 网络比较

网络比较目的是通过使用置换检验来发掘不同网络间的结构差异。本研究对两个时间点的网络适应网络进行了四项检验: 网络不变性、边线不变性、节点强度不变性和节点预期影响不变性。网络不变性检验是检验两网络的所有边线之间是否存在差异，其零假设是两个网络中所有对应边线均相等。边线不变性检验则是检验两网络中特定边线之间是否存在差异。强度不变性检验和预期影响不变性检验则是是检验两网络各个节点的强度或预期影响是否存在差异(van Borkulo et al., 2022)。网络比较通过 R 软件中的 NetworkComparisonTest 包内的 NCT 函数实现。网络比较的显著性结果可为后续的网络适应内部的交叉滞后分析提供理论依据。

3.3.3 交叉滞后网络分析

交叉滞后网络模型是通过一系列正则化回归模型估计自回归系数(即控制协变量后，一个变量在下一次测量时对自身的影响)和交叉滞后系数(即控制协变量后，一个变量在下一次测量时对另一个变量的影响)随时间变化而产生的(Wysocki et al, 2022)。本研究使用 R 中的 glmnet 包(Friedman et al., 2010)来估计了两个时间点的网络适应性交叉滞后网络模型以及网

络适应性和网络成瘾的交叉滞后网络模型。为了增强结果可解释性并创建一个相对稀疏的网络，通过 10 倍交叉验证确定了调整参数γ的最合适值在估计的回归系数上使用图形最小绝对收缩和选择算子(Glasso)将不重要的路径收缩到零(Wysocki et al., 2022)。交叉滞后网络模型中存在较多的负边，因此本研究计算了入预期影响(In expected influence)和出预期影响(Out expected influence)作为交叉滞后网络模型的中心性指标。前者是 T2 中某个节点受到 T1 中其他节点直接影响的绝对值之和，后者则是 T1 某节点对 T2 节点直接影响的绝对值之和。

在交叉滞后网络中，入预测性是指在某一测量时间点下，某个节点的方差由前一时间点的所有节点所解释的程度的占比；出预测性是指在某一测量时间点下，所有节点的方差由前一测量时间点某个节点所解释程度占比。入预期性和出预测性分别表示每个节点被其他节点预测的程度，以及对网络中其他节点的预测程度(Wysocki et al., 2022)。在此基础上，考虑到网络适应与网络成瘾网络的二元属性，我们还计算了跨集群指标。跨集群入预测性和跨集群出预测性 (即 T2 上某一节点的方差被另一个集群的 T1 所有节点解释的程度以及某个 T1 节点占其他集群中所有 T2 节点方差的程度)能够区分不同集群的节点之间的相互预测的程度(Haslbeck & Fried, 2017; Haslbeck er al., 2018)。较高的跨集群入预测性表明节点受前一个时间点其他集群所有节点的影响程度越大；较高的跨集群出预测性则表明节点对后一时间点的其它集群所有节点的影响更大(Wysocki et al, 2022)。

3.3.4 可视化与稳定性评估

所有横断网络和交叉滞后网络的可视化均通过 qgraph 包(1.9.5 版本)实现(Epskamp et al., 2012)。边线估计的准确性通过 Bootstrap 法对网络进行 1000 次迭代以绘制各条边线的 95%非参数自举置信区间进行检验(Epskamp, Borsboom et al., 2018)。中心性指标的稳定性通过 Case-droping 方法进行检验，并以相关稳定性系数(CS 系数)作为结果，CS 系数(cor = 0.7)表示在 95%的置信区间内，原始样本的中心性指标与自举样本的中心性指标之间可以保持至少 0.7 的相关性的样本百分比。当中心性指标的 CS 系数在 0.25 ~ 0.50 之间时，表明中心性指数稳定性较好，CS 系数大于 0.5 表示稳定性强(Epskamp, Borsboom et al., 2018)。

4 结果

4.1 描述性统计结果

青少年网络适应性和网络成瘾的各维度的均值和标准差见表 1。所有项目的偏度(-0.38 ~ 1.36)和峰度(-0.94 ~ -1.03)表明数据基本呈正态分布(Byrne, 2010; Curran et al., 1996)，满足进行网络分析的条件。

表 1 网络适应和网络成瘾的各维度描述性统计结果

	N=5783			N=1235 (T1)			N=1235 (T2)		
	Mean(Sd)	Skew	Kurtosis	Mean(Sd)	Skew	Kurtosis	Mean(Sd)	Skew	Kurtosis
网络自我控制	3.95(1.07)	0.11	-0.15	4.13(1.06)	0.03	-0.43	4.49(0.93)	-0.25	-0.28
网络人际交往能力	3.87 (1.06)	-0.04	-0.08	3.93(1.07)	-0.17	-0.13	4.44(0.92)	-0.19	-0.27
网络信息搜索能力	4.07(1.15)	-0.21	-0.13	4.07(1.17)	-0.31	-0.11	4.36(1.06)	-0.41	0.00
网络信息保护能力	4.39(1.09)	-0.26	-0.44	4.50(1.06)	-0.38	-0.42	4.53(0.96)	-0.40	-0.10
网络积极应对策略	4.54(1.05)	-0.32	-0.31	4.72(0.99)	-0.38	-0.52	4.65(0.93)	-0.43	0.25
网络学习能力	4.06(1.04)	-0.06	0.13	4.05(1.06)	-0.13	0.06	4.49(0.95)	-0.29	-0.04
网络自我效能感	3.97(1.11)	0.01	-0.10	3.94(1.15)	-0.08	-0.20	4.48(0.98)	-0.31	-0.08
网络好奇心	4.11(1.02)	-0.08	0.12	4.13(1.03)	-0.18	0.10	4.42(0.93)	-0.18	-0.11
B1	-	-	-	2.41(1.00)	0.41	-0.11	2.72(1.08)	0.14	-0.49
B2	-	-	-	2.28(1.04)	0.44	-0.38	2.57(1.13)	0.20	-0.66
B3	-	-	-	2.24(1.07)	0.52	-0.36	2.48(1.15)	0.32	-0.66
B4	-	-	-	2.00(1.08)	0.84	-0.08	2.25(1.13)	0.53	-0.55
B5	-	-	-	2.57(1.16)	0.31	-0.70	2.66(1.13)	0.16	-0.71
B6	-	-	-	1.62(0.93)	1.36	1.03	2.01(1.12)	0.71	-0.57
B7	-	-	-	1.94(1.06)	0.91	0.11	2.22(1.15)	0.48	-0.73
B8	-	-	-	2.24(1.18)	0.62	-0.45	2.52(1.28)	0.30	-0.94

4.2 青少年网络适应的横断网络

青少年网络适应各维度的偏相关网络如图 2 所示，在该网络中，节点代表网络适应的维度，边代表维度之间的正则化偏相关。8 个节点通过 28 条边线连接构成了青少年网络适应的维度网络，网络密度为 1，各条边的权重从-0.10 到 0.52 不等，平均权重为 0.12。网络适应横断网络的边线系数见表 S2。在网络适应的维度网络中，“网络好奇心”(强度=1.18)是强度最高的节点，并且其强度显著高于其余节点，表明 “网络好奇心” 对网络中其他节点的影响最强。“网络积极应对策略”(预期影响=1.04)和“网络自我效能感”(预期影响=1.04)是预期影响最高的两个节点，且这两个节点的预期影响显著高于其余其他节点，表明是对网络适应整体结构影响最强的两个节点(见图 3，图 S1 和图 S2)。强度和预期影响的相关稳定性系数均为 0.75，表明该指标的稳定性良好(详见图 S3)。网络中权重最高的边线是 “网络

信息保护-网络积极应对策略”(r = 0.52)和“网络好奇心-网络自我效能感”(r = 0.45)，这两条边线显著强于网络中的其余边线(见图 S5)。值得注意的是，在网络适应性的横断网络中，存在几条权重为负的边线，分别是“网络自我控制能力-网络好奇心”（r = -0.10）和“网络信息保护-网络好奇心”（r = -0.02)。边线估计的准确性检验表现良好，见附录图 S4。

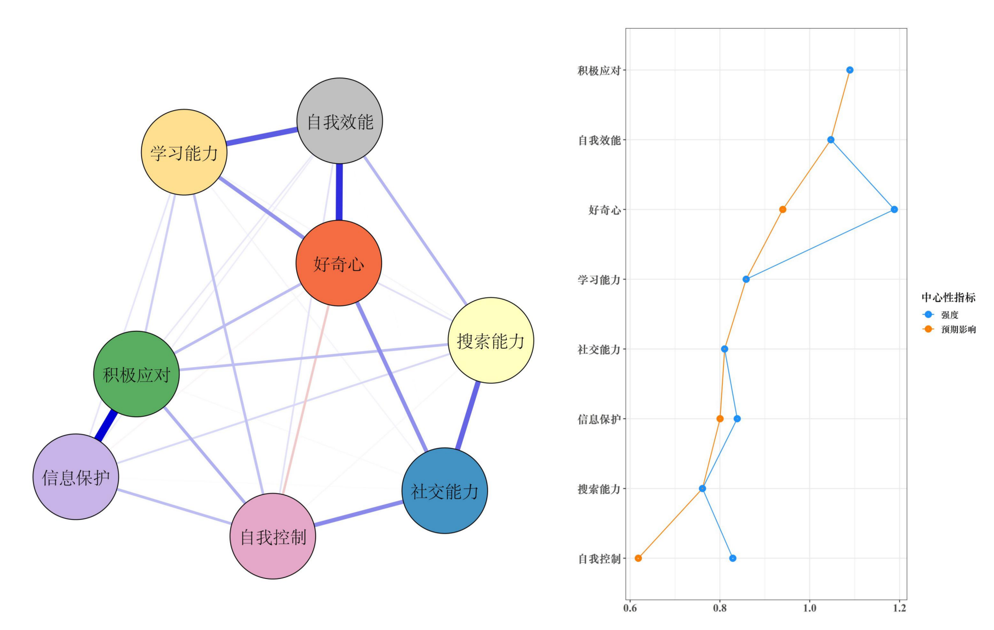


图 2 网络适应内部维度的正则化偏相关网络

注：图中节点位置由网络分析中的“马尔科夫随机场”依据节点关系决定；边线越宽，表示节点间的有条件相关性越强；蓝色边线表示正向关系，红色边线表示负向关系。

图 3 网络适应节点的强度与预期影响

4.3 青少年网络适应网络的跨时间演变

网络比较的结果显示，T1 网络(总体强度 3.52)和 T2 网络(总体强度 3.79)的总体强度差异不显著(p = 0.120)，而网络不变性检验的结果显著(p < 0.001) (见图 4，边线系数见表 S3 和 S4)。具体而言，两个时间点的网络适应网络中，节点强度存在显著差异的占比为 3/8，节点预期影响存在显著差异的占比为 5/8，边线系数存在显著差异的占比为 11/28(详见附录表 S5，S6 和 S7)。该结果表明，网络适应网络的总体性质在两个时间点不存在显著差异，但其拓扑属性发生了内部转变。因此我们将通过构建涵盖两个时间点的网络适应交叉滞后网络，以可视化呈现其内部转变状况。

青少年网络适应的交叉滞后网络如图 5 所示，在这个网络中，各个节点代表网络适应的一个维度，边线是各个维度之间的正则化回归系数。8 个节点通过 43 条有向边线连接构成了青少年网络适应的跨时间交叉滞后网络模型。网络密度为 0.76，各条边的权重从-0.04 到 0.14 不等，平均权重为 0.03。如图 6 所示，“网络自我效能感”(出预期影响=0.60)

是网络中出预期影响最强的节点；“网络信息搜索”(入预期影响=0.30)是入预期影响最强的节点。出预期影响和入预期影响的 CS 系数分别为 0.361 和 0.361，表明这两个指标的稳定性是可接受的(见附录图 S6)。上述结果表明网络适应的交叉滞后网络中最具有预测作用的节点是“网络自我效能感”，而被预测作用最强的节点则是“网络信息搜索能力”。

Bootstrap 法估计的各边线权重的 95%置信区间表明边线的估计较为准确(见附录图 S7)。网络中最强的边线为“网络积极应对策略”对“网络自我控制能力”的直接预测作用(r = 0.15)，以及“网络自我效能感”对“网络信息搜索能力”的直接预测作用(r = 0.13)，且这两条边分别显著强于网络中 74.54%以及 54.54%的边线(见附录 S8)。除此以外，T1 的“网络好奇心”对 T2 的“网络自我控制能力”具有较强的负向预测作用，值得进一步探讨。

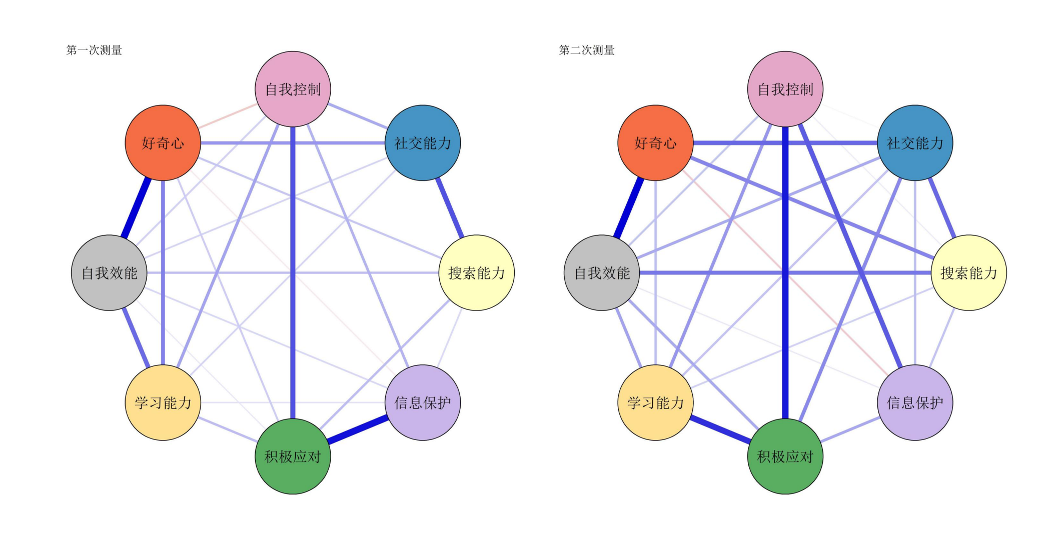


图 4 T1 和 T2 时间点的横断网络

注：为了便于直观比较，此处选择以环形网络呈现。

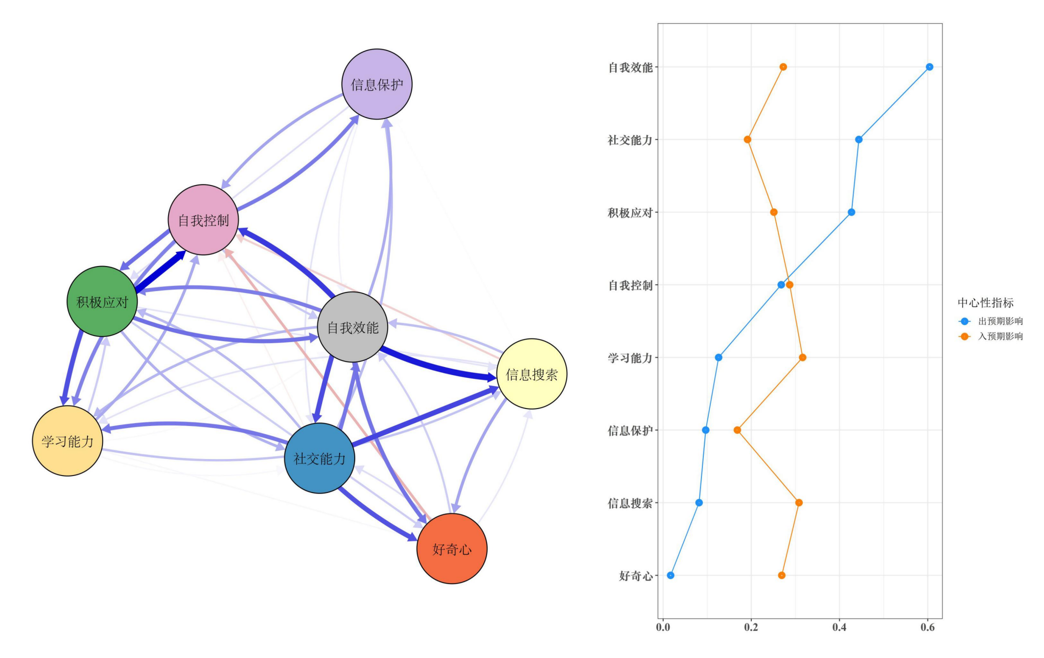


图 5 青少年网络适应性交叉滞后网络(省略自回归路径)

图 6 网络适应交叉滞后网络的出预测性

4.4 青少年网络适应和网络成瘾的交叉滞后网络

青少年网络适应和网络成瘾的交叉滞后网络如图 7 所示，16 个节点通过 168 条有向边线连接构成了青少年网络适应的跨时间交叉滞后网络模型。网络密度为 0.65，各条边的权重从-0.16 到 0.16 不等，平均权重为 0.02。

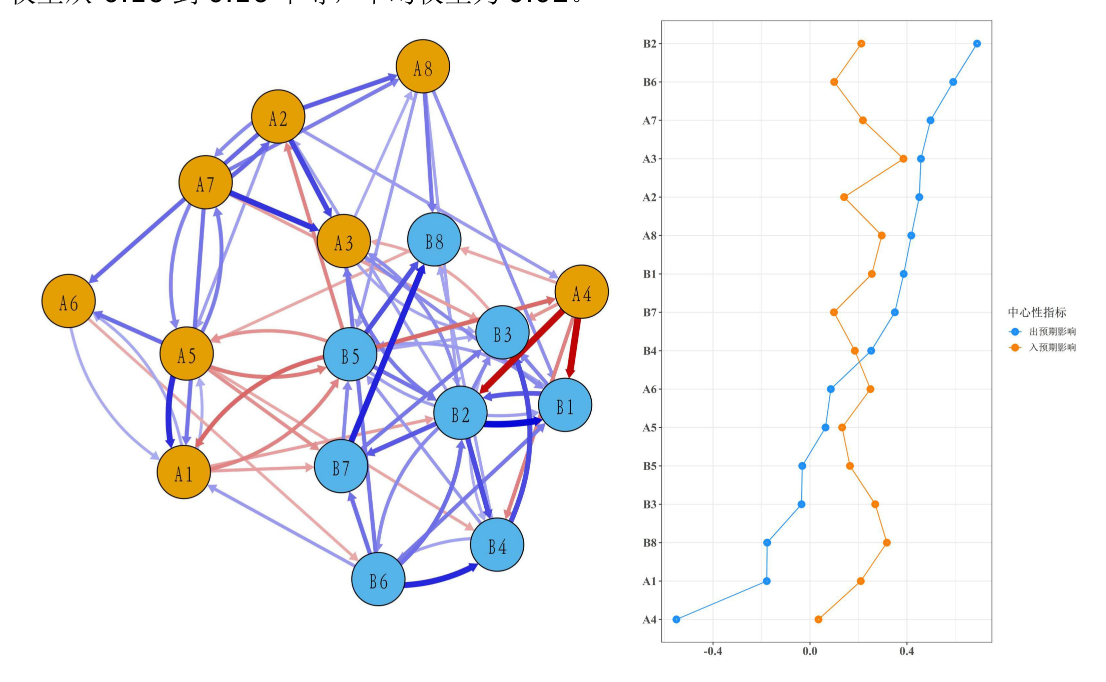


图 7 T1 网络适应与 T2 网络成瘾的交叉滞后网络模型(各个节点代表的维度与项目见表 2)

图 8 网络适应和网络成瘾交叉滞后网络的出预期影响和入预期影响

表 2 网络节点信息

	节点	具体条目
网络适应	A1	网络自我控制能力
	A2	网络社交能力
	A3	网络信息搜索能力
	A4	网络信息保护能力
	A5	网络积极应对策略
	A6	网络学习能力
	A7	网络自我效能感
	A8	网络好奇心
网络成瘾	B1	我会全神贯注于网际或在线服务活动，并且在下网之后总念念不忘网事
	B2	我觉得需要花更多的时间在线上才能得到满足
	B3	我曾努力过多次想控制或停止使用网络，但没有成功
	B4	当我企图减少或停止使用，我会觉得沮丧、心情低落或是脾气容易暴躁
	B5	我上网的时间比原先计划的要长
	B6	我会为了上网而甘冒重要人际关系、工作、教育或工作机会损失的危险
	B7	我曾向家人、朋友或他人说谎以隐瞒我涉入网络的状态
	B8	我上网是为可以逃避问题或试着释放一些感觉诸如无助、罪恶感、焦虑或沮丧

“网络信息保护”(出预期影响= -0.55)是网络适应集群中出预期影响最强的节点；“网络信息搜索”(入预期影响=0.38)和 B8(入预期影响=0.31)分别是网络适应集群和网络成瘾集群中入预期影响最强的节点(见图 8)。出预期影响和入预期影响的 CS 系数分别为 0.439 和 0.439，表明这两个指标的稳定性是可接受的(见附录图 S9)。

考虑到本研究关注的内容在于青少年网络适应对于网络成瘾的预测作用，因此本研究计算了跨集群入预测性和跨集群出预测性与桥边线。跨集群入预测性和跨集群出预测性可以揭示各个节点被其他集群的节点预测的程度以及对其他集群节点的预测程度。交叉滞后网络分析显示，“网络信息保护”(跨集群出预测性=0.06)是网络适应集群中跨集群出预测性最强的节点，表明“网络信息保护”是网络适应集群中对网络成瘾集群内节点的预测作用最大的节点，而各个节点的跨集群出预测性均较为接近,没有突出的节点，因此不再做深入分析(见图 9)。Bootstrap 法估计的各边线权重的 95%置信区间表明边线的估计较为准确(见附录图 S10)。总体上连接网络适应集群和网络成瘾集群的桥边线主要是由网络适应集群的节点指向网络成瘾集群，最强的桥边线是:“网络信息保护”对“B1”、“B2”的直接预测作用(r = -0.16/-0.15)，且分别显著强于网络中 92.91%以及 90.55%的桥边线(见附录 S11)。

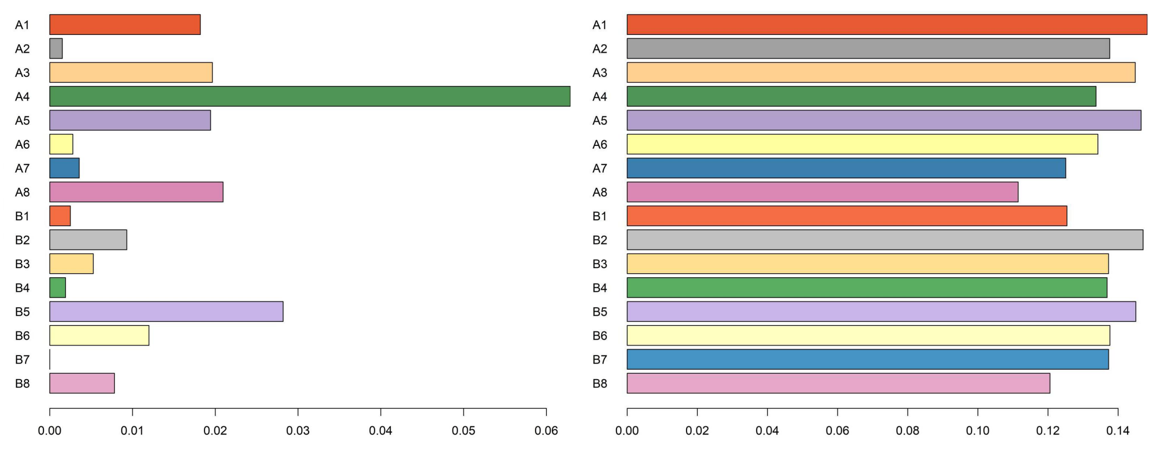


图 9 网络适应与网络成瘾交叉滞后网络的跨集群出预测性(左)和跨集群入预测性(右)

5 讨论

正所谓“适者生存，优胜劣汰”。当下，互联网成为信息获取、社交互动和教育学习的关键渠道并且变化“日新月异”。青少年的网络适应能力必须不断提高，以适应这个快速发展的信息时代。网络适应本身是一个一个包含多重内涵的“多维系统”，它涉及多个阶段和不同维度(王伟军等, 2021)。然目前仍缺乏对网络适应内部拓扑性质和作用机制的探讨。因此本研究首次采用网络分析方法探讨青少年的网络适应问题。内容主要从以下三部分展开：首先，利用横断网络分析探讨青少年网络适应的核心特征，以提供对青少年在数字世界中成功适应的全面理解；然后，通过网络比较深入研究青少年网络适应内部结构的跨时间演变，以更好地理解青少年的网络适应及动态变化；最后，通过构建的交叉滞后二元网络，明晰网络适应对外部表现(网络成瘾)产生影响时的关键通道。下面将对研究的主要发现进行提炼与讨论。

5.1 青少年网络适应的核心成分

横断网络分析结果指出，“网络好奇心”是强度最高的节点，表明其对整个青少年网络适应网络的影响最强。作为网络适应条件准备阶段的关键成分，网络好奇心在青少年的网络适应中占据核心地位，反映出青少年对互联网新信息和技术的自然探索驱动力。好奇心本质上是一种情感和认知的复合体验，它激发个体探索未知、解决不确定性。Berlyne (1954) 指出，好奇心可被新奇性、复杂性、不确定性和认知冲突触发。当这些特征出现在网络环境中时，青少年的网络好奇心作为一种心理动力被激活，推动他们进行不断的探索和学习。从横断网络图(图 1)也可看出，网络好奇心与网络自我效能、网络社交能力以及网络学习能力

的联结较强。这表明，网络好奇心在青少年网络适应中发挥着多方面的积极作用。它不仅是推动应用技能和信息获取的内在动力，也是社交扩展和自我效能感提升的重要源泉。同时，“网络好奇心”与“网络自我控制”之间的负性连接揭示了一个复杂而重要的关系：尽管好奇心促进了青少年的探索和学习，但它也可能影响管控自身在线行为的能力。根据自我控制理论，个体的自我控制资源是有限的(Muraven & Baumeister, 2000)。在网络环境中，青少年可能会因为好奇心而频繁探索新的网站或应用，这种探索虽然能够带来知识和信息的增长，但也可能消耗大量的认知资源，从而削弱其自我控制力。当自我控制力下降时，青少年可能更难抵制网络中的干扰和诱惑，以致出现过度上网和沉迷网络游戏，这些行为可能导致学习和生活的负面影响。总之，理解和支持青少年的网络好奇心，可以帮助他们更有效地适应快速变化的网络环境，同时避免因好奇心过度而带来的潜在风险。

5.2 青少年网络适应的关键内部机制

网络适应网络中权重最高的边线是“网络信息保护-网络积极应对策略”和“网络好奇心-网络自我效能感”，且这两条边线显著强于网络中的其余边线。这不仅说明了这些维度之间的强相关性，还反映了它们在整个网络适应框架中的关键作用。“网络信息保护-网络积极应对策略”这一正向连接表明，青少年在网络信息保护方面的能力和态度直接影响他们采取的积极应对策略。网络信息保护能力强的青少年可能更能意识到潜在的网络风险，从而更有效地采取措施以防范这些风险。该结果与以往研究一致。Vance 等人(2014)的研究发现信息保护意识和行为能显著预测个体对网络威胁的应对策略。此外，Li 等人(2019)的实证研究也支持了信息安全意识教育与提高学生网络安全行为能力之间的积极关系。

“网络好奇心-网络自我效能感”这一边线的强度表明，青少年的探索驱动力(即网络好奇心)显著增强了他们的网络自我效能感，即在网络环境中应对各种挑战的信心。根据自我决定理论(Self-Determination Theory)，好奇心作为一种内在动机，可以通过成功的探索经历来增强个体的自我效能感，从而直接影响青少年在网络环境中的行为选择和心理状态(Deci & Ryan, 2012)。例如，一个经常尝试新软件和探索新技术的青少年可能会更自信地应对网络安全问题或技术障碍，因为他们相信自己能够找到解决问题的方法。这种自信是自我效能感的核心组成部分，它直接影响青少年在网络环境中的行为选择和心理状态。总之，这两条边线的凸显不仅显示了网络适应过程中的核心动态，还为设计针对青少年的教育和干预策略提供了重要线索。通过强化这些关键连接，可以帮助青少年建立更健康、更安全的网络行为模式，同时增强他们在数字世界中的适应能力和自信心。

5.3 青少年网络适应的跨时间演变

T1 和 T2 的横断网络比较分析显示，网络适应总体强度(或称作“连通性”)具备时间上的稳定性，但其内部各成分的中心地位以及部分边线强度会随时间产生变化。该结果一方面说明了网络适应构念本身的合理性以及总体结构的稳定性，这为我们持续的研究提供了理论保障。另一方面，该结果也进一步印证了之前文献提及的青少年网络适应的过程性、阶段性与复杂性(王伟军等, 2021)。再之，网络适应内部的动态变化也表明了其本身的可塑性，为进一步探索其内部的跨时间有向网络提供的理论基础。

跨时间点的网络适应交叉滞后网络模型显示，“网络自我效能感”具有最强的出预期影响，而“网络信息搜索能力”则具有最强的入预期影响。这些发现从时间动态的角度揭示了网络适应过程中各维度之间的相互作用和影响，为理解青少年如何在数字环境中适应提供了重要视角。“网络自我效能感”的出预期影响强度(0.60)表明它对整个网络适应网络的动态影响力极大。即它在一个时间点上的状态极大程度上能够预测其他节点在后续时间点的状态。这种强大的预测能力说明青少年的网络自我效能感不仅影响他们自身的网络行为，而且对他们如何互动和利用网络资源等也有重要影响。结合上一段落对“网络好奇心-网络自我效能感”的解释，我们有理由作如下深度预期：好奇心提供了青少年探索外部世界的初始心理动力，而网络自我效能将这种驱动力有效转介至网络适应的过程中，并且对各种网络适应性具有持续的提升作用。也即，“网络自我效能感”在青少年网络适应过程中起“总舵手”作用。

另一方面，“网络信息搜索能力”具有极高的入预期影响。高入预测性意味着该节点在一个时间点的状态很大程度上由前一时间点的所有其他节点的状态所决定。该结果呼应了它在整个网络适应的过程所处“适应持续”阶段，同时也表明青少年的网络信息搜索能力具有较强可塑性(王伟军等, 2021)。网络信息搜索能力是至关重要的，它不仅决定了青少年如何有效地获取和利用信息，也影响了他们的学习、社交和日常决策。在数字化时代，这种能力是青少年适应数字环境的关键，能够帮助他们在信息泛滥的网络世界中作出明智的选择，避免信息过载和误导。因此，该节点的高入预期影响提示我们，青少年网络信息搜索能力具备可塑性。我们可以通过增加对最新搜索技术的教学，以及培训学生如何批判性地评估和选择信息源，从而提高青少年的网络适应能力。针对性的教育策略不仅有助于青少年应对当前的网络挑战，也为他们将来在不断变化的数字环境中保持竞争力提供了支持。

5.4 青少年网络适应对网络成瘾的影响

T1 的网络适应与 T2 的网络成瘾的交叉滞后网络分析结果显示，“网络信息保护能力”的出预测性最强。即相比于网络适应中的其余维度，“网络信息保护能力”对网络成瘾网络

的直接影响最大。该结果主要源于“网络信息保护能力”对网络成瘾网络中“我会全神贯注于网际或在线服务活动，并且在下网之后总念念不忘网事”和“我觉得需要花更多的时间在线上才能得到满足”两个节点的强负向预测作用。这表明网络信息保护不仅影响个体的网络行为模式，还通过减少接触有害内容和风险行为，间接影响到网络成瘾行为的发展。结合前文 5.2 对于“网络信息保护-网络积极应对策略”边线的强连接的讨论，我们还对此提出一个可能的解释：个体的行为是由其认知(即思维和信念)和情绪共同影响的。高水平的网络信息保护能力可能促使青少年形成一种认知模式，即他们认为谨慎地网络使用和保护个人信息是重要的(Li et al., 2019)。这种认知可能改变他们对网络使用的态度和行为，使他们更倾向于有目的和有节制地使用网络资源，从而降低了网络成瘾的风险。因此，通过强化网络信息保护，可以在群体层面上减轻或预防网络成瘾行为的发展。

此外，网络适应网络的节点对之后时间的网络成瘾的预测作用中，“网络好奇心”的出预期性全是正向的，且同时指向了 B1(我会全神贯注于网际或在线服务活动，并且在下网之后总念念不忘网事)、B2(我觉得需要花更多的时间在线上才能得到满足)、B5(我上网的时间比原先计划的要长)和 B8(我上网是为可以逃避问题或试着释放一些感觉诸如无助、罪恶感、焦虑或沮丧)。该结果再次反映了“网络好奇心”是青少年网络适应过程中的“多面手”。尽管好奇心通常被视为推动知识探索和技能学习的正面特质，但在网络使用上，过高的好奇心可能促进了对网络活动的不健康依赖，加剧了网络成瘾的风险，特别是在未能妥善管理和平衡网络使用习惯的情况下(Hsu et al., 2009)。结合前文 5.1 部分对“网络好奇心”和“网络自我控制”的结果阐释，此处还存在另一种可能的解释，即个体较强的网络好奇心如果未得到满足，这种对信息的需求会转化为对即时奖励的普遍渴望，进一步可能引起放纵和成瘾行为(Wiggin et al., 2019)。该发现提示我们，在鼓励青少年发展网络好奇心的同时，也应教育他们如何建立健康的网络使用习惯，以防止过度好奇心演变成失控的网络使用行为。

5.4 不足与展望

本研究仍存在以下局限性：其一，样本代表性。本研究样本仅来自武汉和湖南两个地区，可能影响结果的普遍性和外部效度。未来研究应扩大样本范围，涵盖更多地区和不同社会经济背景的青少年，提高研究结果的代表性和普适性。其二，数据来源。本研究的数据全部来自于青少年的自我报告，不可避免地带来了社会赞许效应的影响。未来研究可考虑更直接的行为数据。其三，网络适应的外部效标。当前研究仅选取了网络成瘾作为网络适应适应不良的效标，可能未能全面覆盖青少年网络适应的各个方面。未来研究应引入更多元的效标，如心理健康、学业表现和社会交往能力等，以更全面评估青少年网络适应情况。

6 结论

本研究首次采用网络分析方法深入探讨青少年网络适应的内外部性质。主要研究结论如下：

（1）青少年的网络好奇心在其网络适应过程中发挥的作用不是单维的，过低会导致网络自我效能感的不足，过高会引起网络自我控制能力的缺乏；

（2）网络自我效能感对总体的网络适应发展过程影响最大，起总助推作用；

（3）网络信息搜索能力在网络适应过程中受到最多的内部影响，也是青少年网络适应性的重要“落脚点”；

（4）网络信息保护能力对网络成瘾网络的跨集群出预期性最强，值得未来研究进一步关注。

参考文献

Banjanin, N., Banjanin, N., Dimitrijevic, I., & Pantic, I. (2015). Relationship between internet use and depression: Focus on physiological mood oscillations, social networking and online addictive behavior. *Computers in Human Behavior*, *43*, 308-312.

Bekkhus, M., McVarnock, A., Coplan, R. J., Ulset, V., & Kraft, B. (2023). Developmental changes in the structure of shyness and internalizing symptoms from early to middle childhood: A network analysis. *Child Development*, *94*(4), 1078–1086.

Berlyne, D. E. (1954). A theory of human curiosity. *British Journal of Psychology*, *45*(3), 180–191.

Borca, G., Bina, M., Keller, P.S., Gilbert, L.R., & Begotti, T. (2015). Internet use and developmental tasks: Adolescents’ point of view. *Computers in Human Behavior*, *52*, 49-58.

Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming.* Routledge.

Chen, J., & Chen, Z. (2008). Extended Bayesian information criteria for model selection with large model spaces. *Biometrika*, *95*(3), 759–771.

Chen, J., & Wang, T. (2003). On social adaptation: Mental mechanism, structure and function. *Journal of Educational Science of Hunan Normal University*. (04), 90–94.

[陈建文，王滔. (2003). 关于社会适应的心理机制、结构与功能. 湖南师范大学教育科学学报(04),90-94.]

Curran, P. J., West, S. G., & Finch, J. F. (1996). The robustness of test statistics to nonnormality and specification error in confirmatory factor analysis. *Psychological Methods*, *1*(1), 16–29.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2012). Self-determination theory. *Handbook of theories of social psychology*, *1*(20), 416–436.

Epskamp, S., Borsboom, D., & Fried, E. I. (2018). Estimating psychological networks and their accuracy: A tutorial paper. *Behavior Research Methods, 50*, 195–212.

Epskamp, S., Cramer, A. O., Waldorp, L. J., Schmittmann, V. D., & Borsboom, D. (2012). qgraph: Network visualizations of relationships in psychometric data. *Journal of Statistical Software, 48*, 1–18.

Epskamp, S., Waldorp, L. J., Mõttus, R., & Borsboom, D. (2018). The Gaussian graphical model in cross-sectional and time-series data. *Multivariate Behavioral Research*, *53*(4), 453–480.

Foygel, R., & Drton, M. (2010). Extended Bayesian information criteria for Gaussian graphical models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *23*, 2020–2028.

Friedman J, Tibshirani R, Hastie T (2010). "Regularization Paths for Generalized Linear Models via Coordinate Descent". *Journal of Statistical Software*, *33*(1), 1–22.

Fruchterman, T. M., & Reingold, E. M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software: Practice and Experience*, *21*(11), 1129–1164.

Fumero, A., Marrero, R. J., Voltes, D., & Peñate, W. (2018). Personal and social factors involved in internet addiction among adolescents: A meta-analysis. *Computers in Human Behavior*, *86*, 387-400.

Haslbeck, J. M. B., & Fried, E. I. (2017). How predictable are symptoms in psychopathological networks? A reanalysis of 18 published datasets. *Psychological Medicine*, *47*(16), 2767–2776.

Haslbeck, J. M. B., Borsboom, D., & Waldorp, L. J. (2021). Moderated Network Models. *Multivariate Behavioral Research*, *56*(2), 256–287.

Hsu, S. H., Wen, M. H., & Wu, M. C. (2009). Exploring user experiences as predictors of MMORPG addiction. *Computers & Education*, *53*(3), 990-999.

Jiang, Y., Bai, X., A, Latanbagen., Liu, Y., Li, M., & Liu, G. (2016). Problematic social networks usage of adolescent. *Advances in Psychological Science*, *24*(09), 1435-1447.

[姜永志，白晓丽，阿拉坦巴根，刘勇，李敏 & 刘桂芹. (2016).青少年问题性社交网络使用. *心理科学进展*(09), 1435-1447.]

Li, L., He, W., Xu, L., Ash, I., Anwar, M., & Yuan, X. (2019). Investigating the impact of cybersecurity policy awareness on employees' cybersecurity behavior. *International Journal of Information Management*, *45*, 13-24.

Li, Y., Zhong, B., Liu, X., Zhang, Y., Zhu, J., & Hao, W. (2012). Reliability and validity of the Chinese version of self-rating young's diagnostic questionnaire of internet addiction: A preliminary study. *Chinese Journal of Drug Dependence*, *21*(5), 390–394.

[李毅，钟宝亮，刘学兵，张尧，朱军红，郝伟. (2012). 自评 young 氏网络成瘾诊断问卷中文版信效度的初步研究. *中国药物依赖性杂志*, *21*(5), 390–394.]

Liu, T. C., Desai, R. A., Krishnan-Sarin, S., Cavallo, D. A., & Potenza, M. N. (2011). Problematic Internet use and health in adolescents: data from a high school survey in Connecticut. *The Journal of Clinical Psychiatry*, *72*(6), 836.

McClure, C. R. (1994). Network literacy: A role for libraries? *Information Technology and Libraries*, *13*(2), 115.

Moretta, T., & Buodo, G. (2020). Problematic Internet use and loneliness: How complex is the relationship? A short literature review. *Current Addiction Reports*, *7*, 125-136.

Muraven, M., & Baumeister, R. F. (2000). Self-regulation and depletion of limited resources: Does self-control resemble a muscle? *Psychological Bulletin*, *126*(2), 247.

Orr, E. S., Sisic, M., Ross, C., Simmering, M. G., Arseneault, J. M., & Orr, R. R. (2009). The influence of shyness on the use of Facebook in an undergraduate sample. *Cyberpsychology & Behavior*, *12*(3), 337-340.

Restrepo, A., Scheininger, T., Clucas, J., Alexander, L., Salum, G. A., Georgiades, K., ... & Milham, M. P. (2020). Problematic internet use in children and adolescents: associations with psychiatric disorders and impairment. *BMC Psychiatry*, *20*, 1-11.

Robinaugh, D. J., Millner, A. J., & McNally, R. J. (2016). Identifying highly influential nodes in the complicated grief network. *Journal of Abnormal Psychology*, *125*(6), 747–757.

Ryan, T., & Xenos, S. (2011). Who uses Facebook? An investigation into the relationship between the Big Five, shyness, narcissism, loneliness, and Facebook usage. *Computers in Human Behavior*, *27*(5), 1658-1664.

Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the lasso. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, *58*(1), 267–288.

van Borkulo, C. D., van Bork, R., Boschloo, L., Kossakowski, J. J., Tio, P., Schoevers, R. A., Borsboom, D., & Waldorp, L. J. (2023). Comparing network structures on three aspects: A permutation test. *Psychological Methods*, *28*(6), 1273–1285.

Wang, F., Ni, X., Zhang, M., & Zhang, J. (2024). Educational digital inequality: A meta-analysis of the relationship between digital device use and academic performance in adolescents. *Computers & Education*, 105003.

Wang, J. L., Jackson, L. A., Wang, H. Z., & Gaskin, J. (2015). Predicting social networking site (SNS) use: Personality, attitudes, motivation and internet self-efficacy. *Personality and Individual Differences*, *80*, 119-124.

Wang, W., Dong, R., Huang, D., & Zhou, Z. (2021). Internet adaptation: Concept and model. *Journal of Nanchang University(Humanities and Social Sciences)*. *52*(2), 45-54.

[王伟军，董柔纯，黄大炜，周宗奎. (2021). 网络适应：概念与模型. *南昌大学学报(人文社会科学版)*, *52*(2), 45-54.]

Wang, W., Ma, S., Han, X., & Zhao, X. (2023). The impact of internet adaptability on internet addiction: The serial mediation effect of meaning in life and anxiety. *Frontiers in Psychiatry*, 14, 1268539.

Wang, W., Wang, W., Hao, X., & Liu, H. (2020). Key competence of the Internet age: From information literacy to Internet literacy. *Library & Information*. (04),45-55+78.

[王伟军, 王玮, 郝新秀, 刘辉. (2020). 网络时代的核心素养：从信息素养到网络素养. *图书与情报*(04), 45-55+78.]

Wiggin, K. L., Reimann, M., & Jain, S. P. (2019). Curiosity tempts indulgence. *Journal of Consumer Research*, *45*(6), 1194-1212.

Wysocki, A., Rhemtulla, M., Bork, R. v., & Cramer, A. (2022). Cross-lagged network models. *PsyArXiv*. https://doi.org/10.31234/osf.io/vjr8z

Yue, Y., Jun, Z., Yao, N., Yanwen, F., Yiting, Z., & Yiting, F. (2024). The influence of adolescents’ internet adaptation on internet addiction: the mediating role of internet cultural adaptation. *Frontiers in Psychiatry*, *14*, 1338343.

Zhao, H., Ji, A., & Jin C. (2022). The relationship between family function and adolescent Internet adaptation: A dual moderating model. *Psychology:Techniques and Applications*, *10*(10),596-606.

[赵航, 计艾彤, 金灿灿. (2022). 家庭功能与青少年网络适应的关系：同伴关系和年龄的双重调节作用. *心理技术与应用*, *10*(10), 596-606.]

Zheng, F., Khan, N. A., & Hussain, S. (2020). The COVID 19 pandemic and digital higher education: Exploring the impact of proactive personality on social capital through internet self-efficacy and online interaction quality. *Children and Youth Services Review*, *119*, 105694.

Analysis of the Topological Structure of Adolescents' Internet Adaptation: A Study Based on Longitudinal Tracking Data

Abstract As the saying goes, "Survival of the fittest". Nowadays, the Internet has become a critical channel for information acquisition, social interaction, and educational learning. Adolescents' internet adaptation capabilities must be continuously improved to adapt to this rapidly developing information age. Internet adaptation is inherently a "multidimensional system" encompassing various stages and dimensions. However, there remains a gap in the research exploring the internal topological characteristics and functional mechanisms of internet adaptation. Consequently, this study aims to employ network analysis techniques to elucidate the core characteristics, internal structure, dynamic evolution, and relationships with external variables of adolescents' internet adaptation through network analysis. This approach will offer a comprehensive framework for understanding adolescents' successful adaptation in the digital age and provide scientific insights for preventing and intervening in adolescent internet addiction.

This study collected all data through paper-and-pencil questionnaires. At Time 1, valid data were obtained from 5783 participants (Males for 37.4%, M_{age} = 17.20 years, SD = 2.62). Five months later, data from 1235 of these participants were tracked (Males for 38%, M_{age} = 14.98 years, SD = 1.66). Based on the research objectives, we conducted cross-sectional network analysis, network comparison, and cross-lagged network analysis. All cross-sectional and cross-lagged network analyses were primarily conducted using R (V.4.3.2). Network visualizations were created with the qgraph package (version 1.9.5). The accuracy of edge estimates was assessed by performing 1000 bootstrap iterations to construct 95% non-parametric bootstrap confidence intervals for each edge.

In the cross-sectional network of internet adaptation, "internet curiosity" is the node with the highest strength (1.18). Network comparison results indicate no significant difference in the overall strength between the T1 (3.52) and the T2 network (3.79) (p = 0.120), although the network invariance test result is significant ($p < 0.001$). The cross-lagged network analysis shows that "internet self-efficacy" has the strongest out-expected influence (0.60), and "internet information searching" has the strongest in-expected influence (0.30). Additionally, the cross-lagged network analysis of internet adaptation and internet addiction reveals that "internet information protection capability" exhibits the strongest outgoing predictive ability.

The main conclusions are as follows: (1) Adolescents' internet curiosity plays a multifaceted role in their internet adaptation process: insufficient curiosity can lead to low internet self-efficacy, while excessive curiosity can result in poor internet self-control; (2) Internet self-efficacy has the most significant impact on the overall development of internet adaptation, serving as the "primary driving force". (3) Internet information searching ability is the

most internally influenced aspect during the internet adaptation process and is a crucial component of adolescents’ internet adaptability. (4) Internet information protection capability shows the strongest outgoing predictive ability in the cross-cluster network analysis of internet addiction, warranting further attention in future research.
Keywords: Adolescents, Internet Adaptation, Network Analysis, Internet Addiction, Topological Structure

附录

表 S1 网络适应与网络成瘾各题项

	节点	内容
网络自我控制能力	A1	我可以很好的利用网络来服务于我生活。
	A2	上网或者玩手机的时候，我通常都有明确的目的。
	A3	我的上网时间非常有规律。
	A4	网络对我来说就是一个工具。
	A5	我会有计划的安排自己的上网时间。
网络社交能力	A6	我在网上认识了更多志同道合的朋友。
	A7	在我喜欢的群里面，我会很积极的参与交流，表达自己的想法。
	A8	网上交友拓宽了我的视野。
	A9	如果没有触及底线，那我很乐意和观点不同的网友讨论问题。
	A10	我喜欢读网友们的评论，觉得能学到很多。
	A11	只要没有危害别人，网络中不同喜好的言论我都能接受。
	A12	在不违背公序良俗的前提下，我希望网络上可以多一些不同的想法。
网络信息搜索能力	A13	身边的朋友在网上搜不到自己想要的信息时，会向我求助。
	A14	感兴趣的文字，图片或者视频，我都有方法在网上搜到。
	A15	在网上，我通常可以准确地搜索到自己想要的信息。
网络信息保护	A16	我会使用不同的密码管理不同的账户。
	A17	我不会轻易连接那种没有密码的公共 WiFi。
	A18	我不会随意点开未知链接。
	A19	在发微博、玩 QQ 空间或者贴吧的时候，我会注意抹去和个人信息有关的图片或者文字。
网络积极应对策略	A20	在网络中遇到困难时，我会调整好自己的情绪去接受它。
	A21	在网络中遇到困难时，我会放松自己的心情，去排解它的压力。
	A22	在网络中遇到困难时，我会尝试换一个视角去看待。
	A23	在网络中遇到困难时，我会吸取别人或自己先前的经验，以求解决问题。
	A24	在网络中遇到困难时，我会努力去改变现状，使情况向好的一面转化。
	A25	在网络中遇到困难时，我会定一个解决方案。
网络学习能力	A26	在网上学习知识已经成为了我的习惯。
	A27	我喜欢在网上主动学习。
	A28	我会利用网上的学习资源提升自己的能力。
	A29	我会利用网络解决自己在学习上遇到的问题。
网络自我效能感	A30	我相信自己能在较短的时间内掌握最新的网络技术。
	A31	我身边的大多数人能掌握的网络技能，我自信能很快掌握。
	A32	我有自信我可以非常熟练使用网络上的基本功能。
	A33	我有信心可以在网络中创造属于自己的作品。
	A34	当别的同学上网遇到问题时，我有自信我能帮到他。
网络好奇心	A35	学会一门新的网络技术常常使我感到兴奋。
	A36	网络中那些陌生的人和事常常让我感到很好奇。
	A37	我不会排斥网络上的新事物。

	A38	对于网络中的事物，我喜欢去探索我不熟悉的功能。
	A39	面对新的网络场景或者软件时，我会积极搜索更多的信息来使用它。
网络成瘾	B1	我会全神贯注于网际或在线服务活动，并且在下网之后总念念不忘网事。
	B2	我觉得需要花更多的时间在线上才能得到满足。
	B3	我曾努力过多次想控制或停止使用网络，但没有成功。
	B4	当我企图减少或停止使用，我会觉得沮丧、心情低落或是脾气容易暴躁。
	B5	我上网的时间比原先计划的要长。
	B6	我会为了上网而甘冒重要人际关系、工作、教育或工作机会损失的危险。
	B7	我曾向家人、朋友或他人说谎以隐瞒我涉入网络的状态。
	B8	我上网是为可以逃避问题或试着释放一些感觉诸如无助、罪恶感、焦虑或沮丧。

表 S2 网络适应横断网络的边线系数表

	自我控制	社交能力	搜索能力	信息保护	积极应对	学习能力	自我效能	好奇心
自我控制	0.00	0.24	0.01	0.13	0.16	0.12	0.06	-0.11
社交能力	0.24	0.00	0.31	0.00	0.01	0.02	0.00	0.23
搜索能力	0.01	0.31	0.00	0.08	0.13	0.02	0.15	0.06
信息保护	0.13	0.00	0.08	0.00	0.52	0.05	0.04	-0.02
积极应对	0.16	0.01	0.13	0.52	0.00	0.09	0.05	0.13
学习能力	0.12	0.02	0.02	0.05	0.09	0.00	0.33	0.22
自我效能	0.06	0.00	0.15	0.04	0.05	0.33	0.00	0.43
好奇心	-0.11	0.23	0.06	-0.02	0.13	0.22	0.43	0.00

表 S3 T1 时间点横断网络各边线系数

	自我控制	社交能力	搜索能力	信息保护	积极应对	学习能力	自我效能	好奇心
自我控制	0.00	0.14	0.00	0.13	0.29	0.15	0.08	-0.09
社交能力	0.14	0.00	0.29	0.00	0.00	0.07	0.07	0.18
搜索能力	0.00	0.29	0.00	0.06	0.11	0.00	0.11	0.09
信息保护	0.13	0.00	0.06	0.00	0.40	0.05	0.07	-0.04
积极应对	0.29	0.00	0.11	0.40	0.00	0.11	0.03	0.08
学习能力	0.15	0.07	0.00	0.05	0.11	0.00	0.25	0.21
自我效能	0.08	0.07	0.11	0.07	0.03	0.25	0.00	0.43
好奇心	-0.09	0.18	0.09	-0.04	0.08	0.21	0.43	0.00

表 S4 T2 时间点横断网络各边线系数

	自我控制	社交能力	搜索能力	信息保护	积极应对	学习能力	自我效能	好奇心
自我控制	0.00	0.01	0.03	0.26	0.36	0.16	0.09	0.00
社交能力	0.01	0.00	0.23	0.10	0.18	0.09	0.13	0.23
搜索能力	0.03	0.23	0.00	0.09	0.00	0.07	0.21	0.19
信息保护	0.26	0.10	0.09	0.00	0.13	0.00	0.03	-0.08
积极应对	0.36	0.18	0.00	0.13	0.00	0.33	0.13	0.00
学习能力	0.16	0.09	0.07	0.00	0.33	0.00	0.14	0.10
自我效能	0.09	0.13	0.21	0.03	0.13	0.14	0.00	0.40
好奇心	0.00	0.23	0.19	-0.08	0.00	0.10	0.40	0.00

表 S5 T1 和 T2 网络节点强度差异检验结果

节点	强度差异（T1-T2）	p 值
社交能力	-0.24	0.001***
搜索能力	-0.16	0.003**
自我效能	-0.11	0.091
积极应对	-0.10	0.044*
学习能力	-0.06	0.349
自我控制	-0.03	0.795
信息保护	0.04	0.688
好奇心	0.11	0.422

表 S6 T1 和 T2 网络节点预期影响差异检验结果

节点	预期影响差异（T1-T2）	p 值
自我控制	-0.20	0.001***
社交能力	-0.24	0.001***
搜索能力	-0.16	0.002**
信息保护	0.13	0.008**
积极应对	-0.10	0.044*
自我效能	-0.11	0.091
学习能力	-0.06	0.346
好奇心	0.03	0.656

表 S7 两时间点网络边线差异

边线	边线加权值差异（T1-T2）	p 值
信息保护-积极应对	0.27	0.001***
自我控制-社交能力	0.13	0.013*
搜索能力-积极应对	0.11	0.023*
学习能力-好奇心	0.11	0.039*
学习能力-自我效能	0.11	0.062
积极应对-好奇心	0.08	0.110
社交能力-搜索能力	0.06	0.258
信息保护-学习能力	0.05	0.260
信息保护-好奇心	0.04	0.406
信息保护-自我效能	0.03	0.509
自我效能-好奇心	0.03	0.524
自我控制-学习能力	-0.01	0.889
自我控制-自我效能	-0.01	0.815
社交能力-学习能力	-0.02	0.680
搜索能力-信息保护	-0.03	0.558
自我控制-搜索能力	-0.03	0.191
社交能力-好奇心	-0.06	0.246
社交能力-自我效能	-0.06	0.218
自我控制-积极应对	-0.07	0.173
搜索能力-学习能力	-0.07	0.034*
自我控制-好奇心	-0.09	0.132
搜索能力-好奇心	-0.10	0.052
积极应对-自我效能	-0.10	0.006**
社交能力-信息保护	-0.10	0.004**
搜索能力-自我效能	-0.10	0.028*
自我控制-信息保护	-0.13	0.004**
社交能力-积极应对	-0.18	0.001***
积极应对-学习能力	-0.22	0.001***

表 S8 网络适应交叉滞后网络的边线系数表（省略自回归）

	自我控制	社交能力	搜索能力	信息保护	积极应对	学习能力	自我效能	好奇心
自我控制	0.00	0.00	0.00	0.08	0.09	0.07	0.03	0.00
社交能力	-0.01	0.00	0.11	0.04	0.04	0.08	0.08	0.10
搜索能力	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.05
信息保护	0.05	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
积极应对	0.15	0.05	0.02	0.00	0.00	0.10	0.08	0.03
学习能力	0.05	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
自我效能	0.12	0.11	0.13	0.05	0.08	0.04	0.00	0.08
好奇心	-0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00

表 S9 网络适应和网络成瘾的交叉滞后网络的边线系数表

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
A1	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.05	0.02	0.00	-0.02	-0.06	-0.04	-0.05	-0.08	0.00	-0.06	-0.04
A2	0.00	0.00	0.11	0.06	0.06	0.09	0.07	0.10	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00
A3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03	0.05	0.07	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04	0.00	0.02
A4	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.16	-0.15	-0.06	-0.08	-0.03	-0.04	-0.03	-0.05
A5	0.13	0.04	0.03	0.00	0.00	0.09	0.08	0.04	-0.01	-0.04	-0.05	-0.05	-0.08	-0.04	-0.07	0.00
A6	0.05	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.05	0.00	0.00
A7	0.08	0.09	0.12	0.05	0.08	0.04	0.00	0.08	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A8	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.06	0.04	0.01	0.06	0.03	0.00	0.08
B1	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.10	0.07	0.01	0.06	0.02	0.00	0.00
B2	0.00	0.06	0.07	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.15	0.00	0.07	0.11	0.03	0.07	0.10	0.01
B3	-0.04	-0.03	-0.05	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.00
B4	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11	0.00	0.06	0.06	0.00	0.06
B5	-0.09	-0.07	-0.02	-0.09	-0.07	-0.01	0.00	-0.02	0.06	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.11
B6	0.06	0.00	0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.08	0.09	0.00	0.13	0.02	0.00	0.09	0.00
B7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.08	0.00	0.07	0.04	0.00	0.14
B8	-0.03	0.00	-0.02	-0.04	-0.05	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

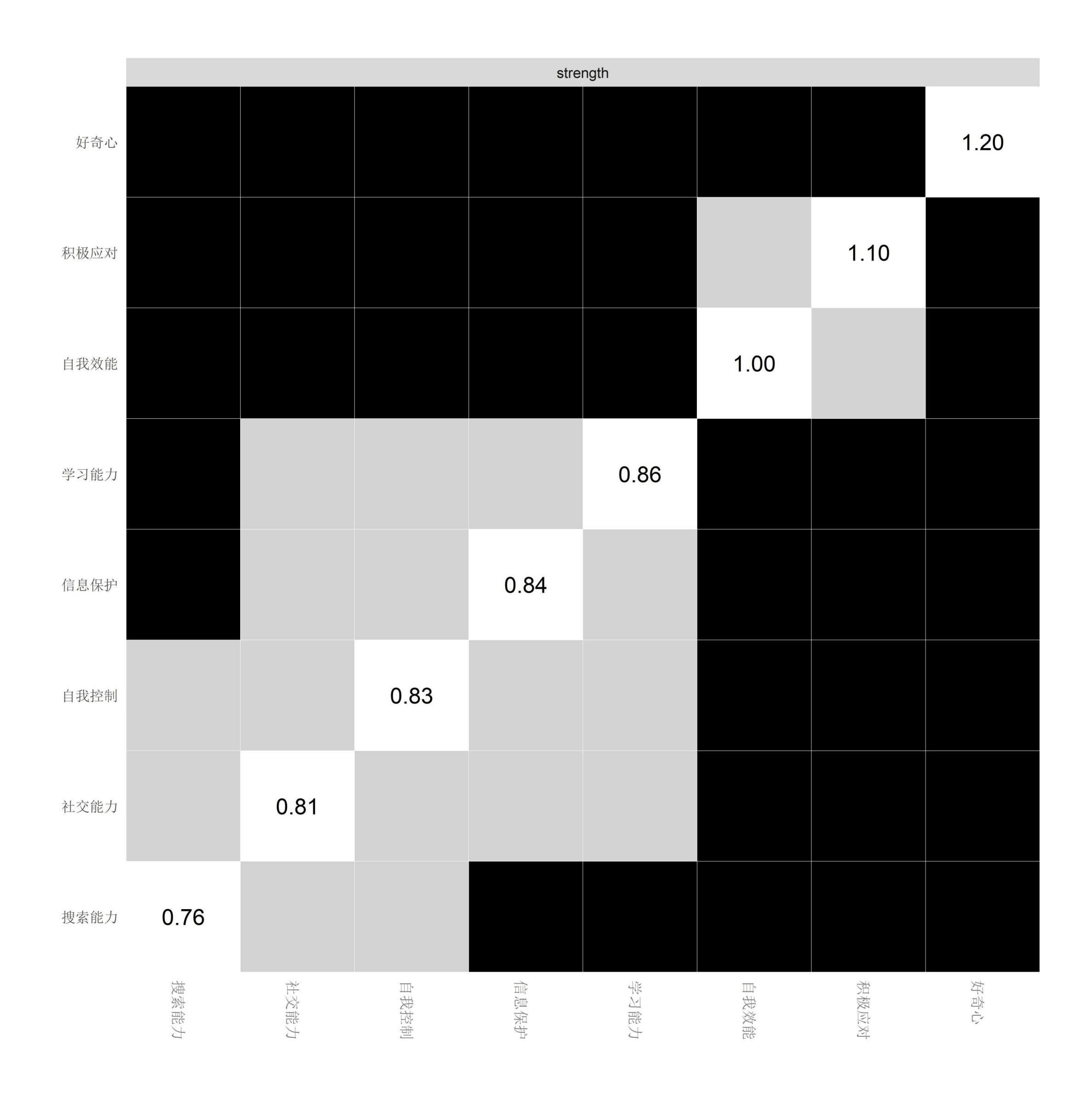


图 S1　非参数自举法检验网络适应横断网络各个节点强度差异

注：图中的黑色方块表示 bootstrap 方法得出的对应两个节点强度差异的 95%置信区间不包含零，灰色方块表示对应两个节点强度差异的 95%置信区间包含零。对角线表示各个节点强度的大小。（下同）

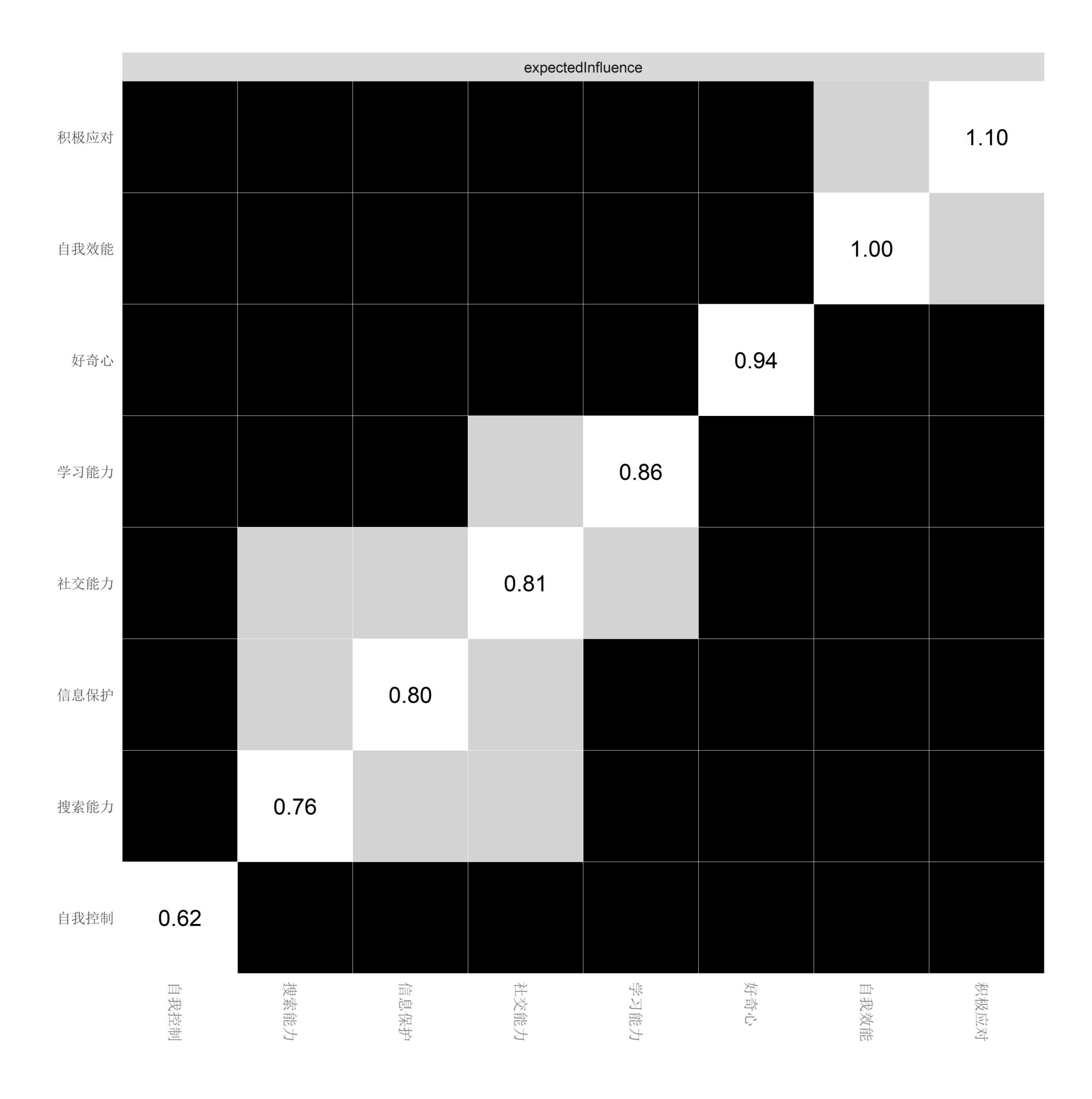


图 S2 非参数自举法检验网络适应横断网络各个节点预期影响差异

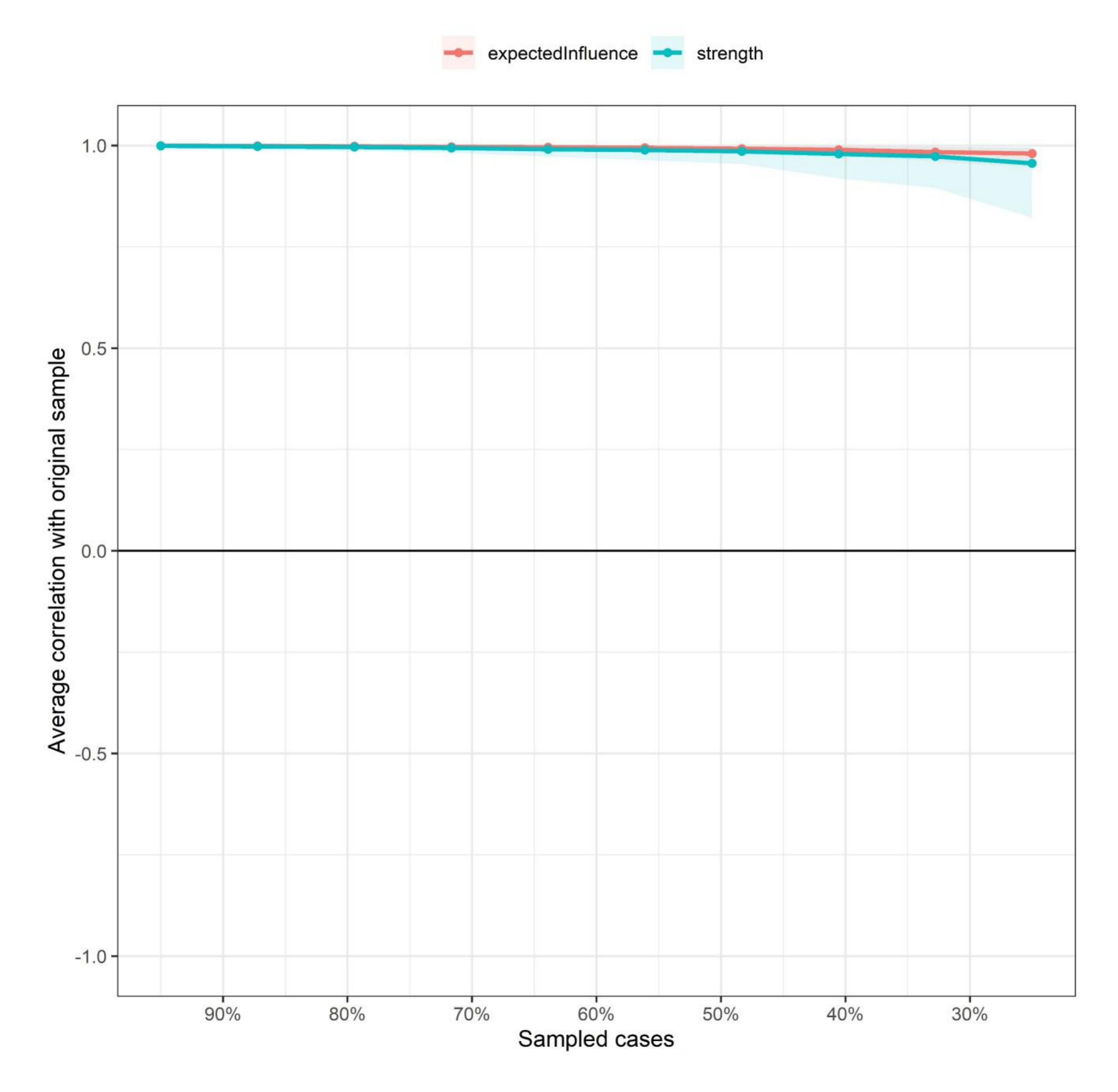


图 S3 Case-droping 方法检验网络适应横断网络中强度和预期影响的稳定性检验结果

注：x 轴表示原始样本上丢弃样本量大小的百分比；y 轴表示剩余样本和原始样本之间的中心性指标的相关性。图中线条上各点表示完整样本中估计的强度与在仅保留一定比例案例的随机子样本上估计的强度之间的平均相关性（从 90%到 10%）。阴影区域表示相关性估计的 95%自举置信区间。较高的值表明中心性估计稳定性更好。（下同）

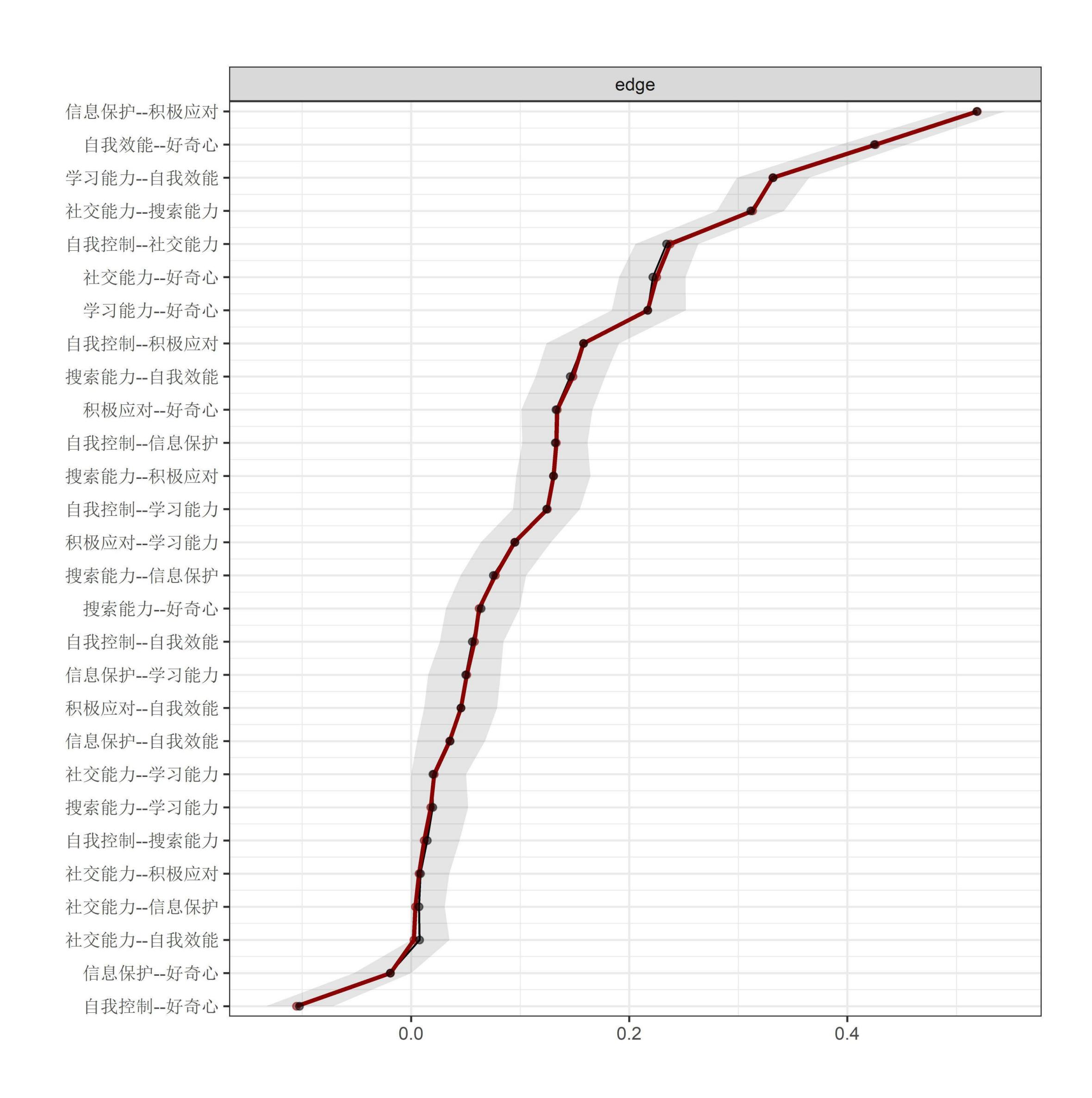


图 S4 非参数自举法检验网络适应横断网络中边线估计的准确性

注：每条水平线上的红点和黑点分别表示边线的样本值和估计的 bootstrap 均值。每条水平线上的阴影部分为 bootstrap 方法得出边线估计的 95%置信区间，灰色阴影越窄意味着边线估计的准确性越高。（下同）

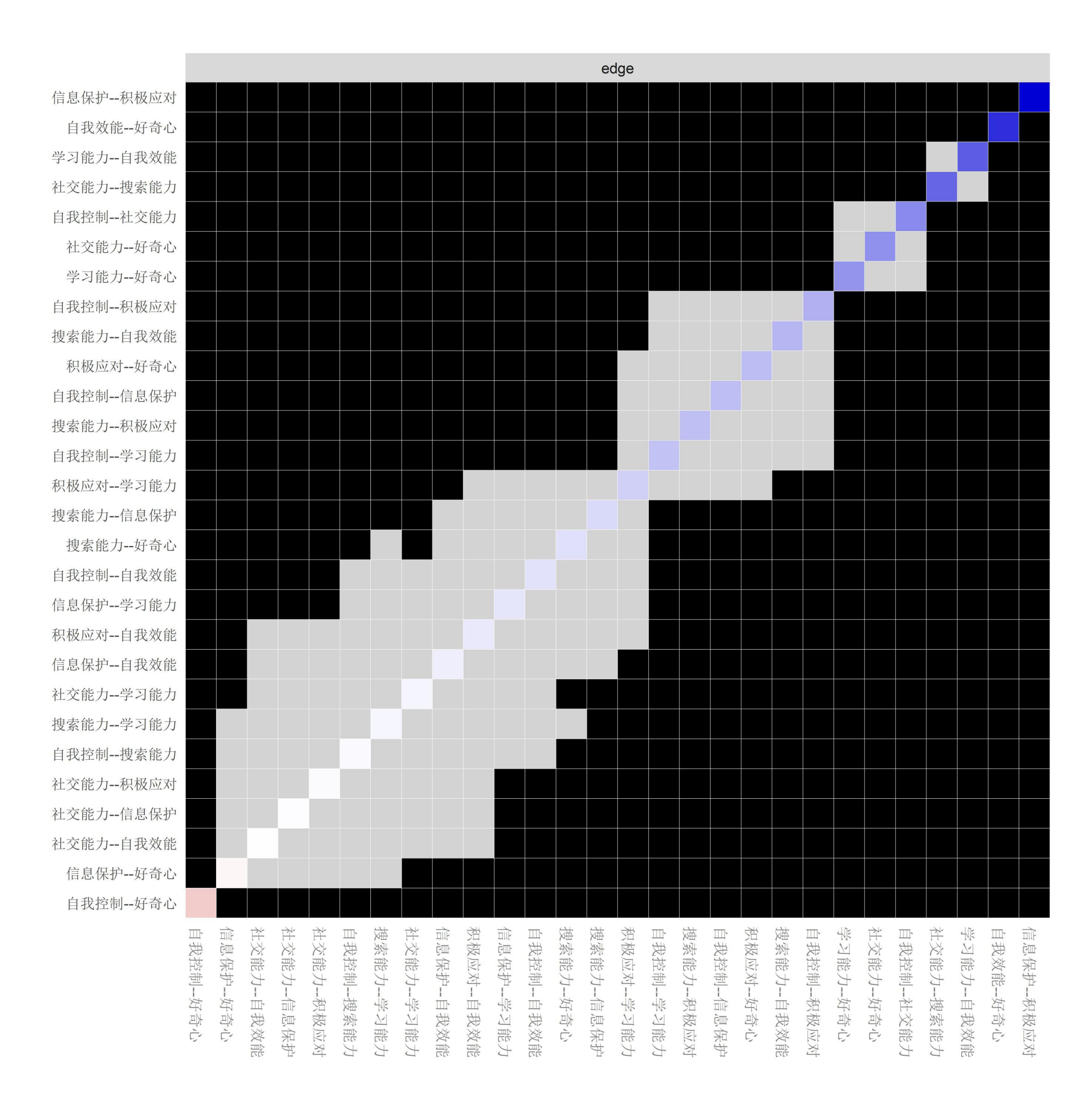


图 S5 非参数自举法检验网络适应横断网络中边线差异

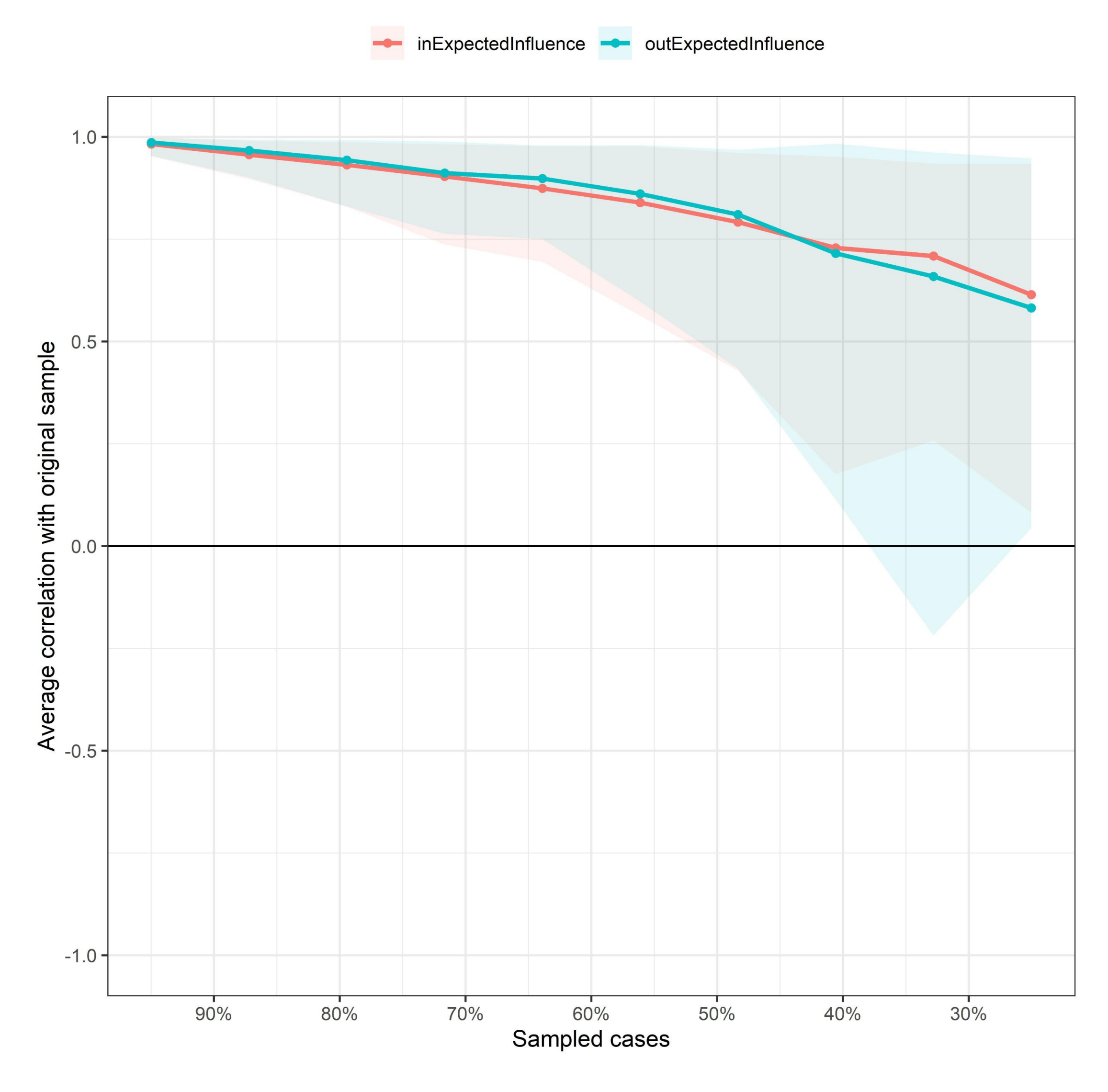


图 S6 Case-droping 方法检验网络适应交叉滞后网络中入预期影响和出预期影响的稳定性

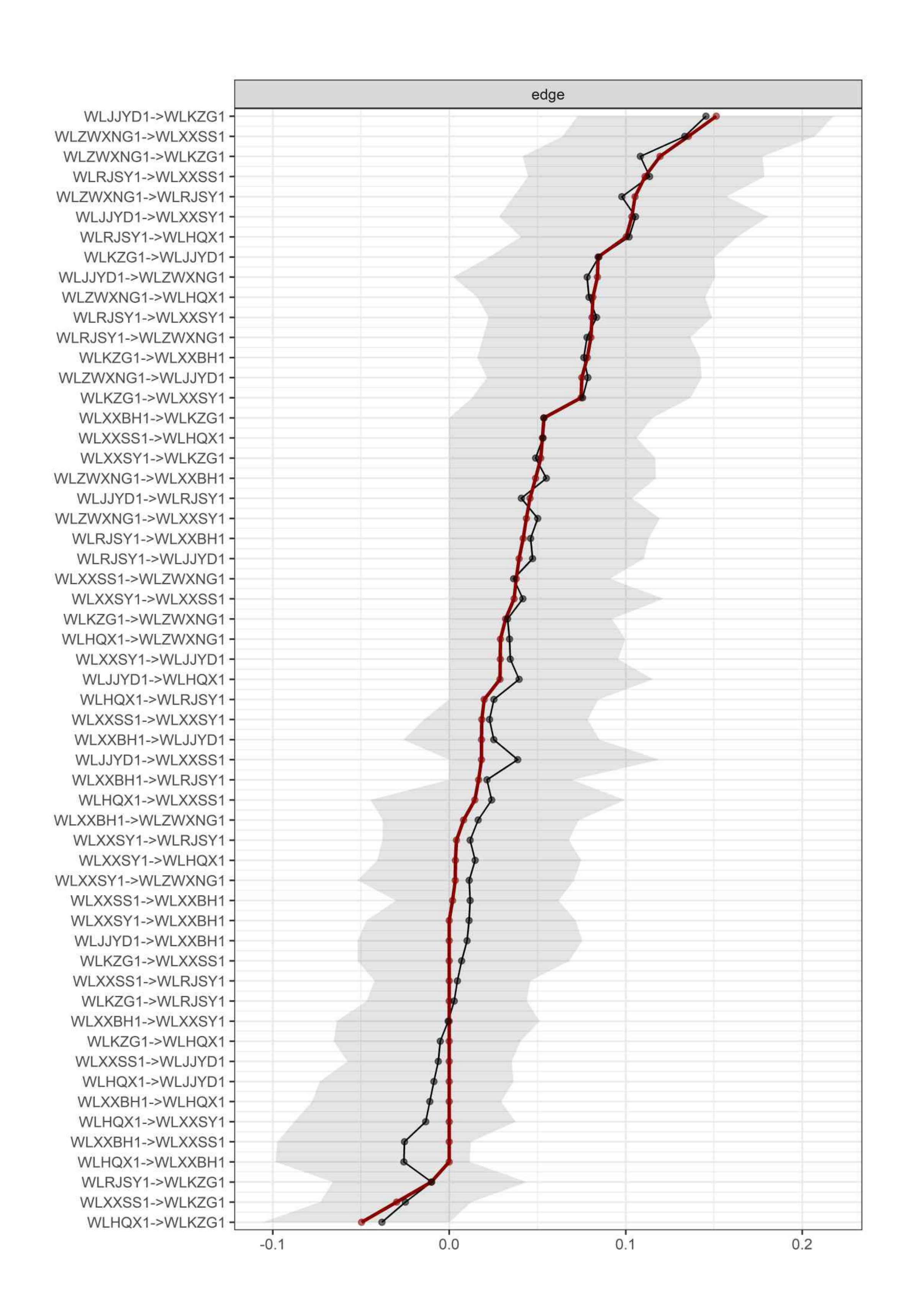


图 S7 非参数自举法检验网络适应交叉滞后网络中边线估计的准确性

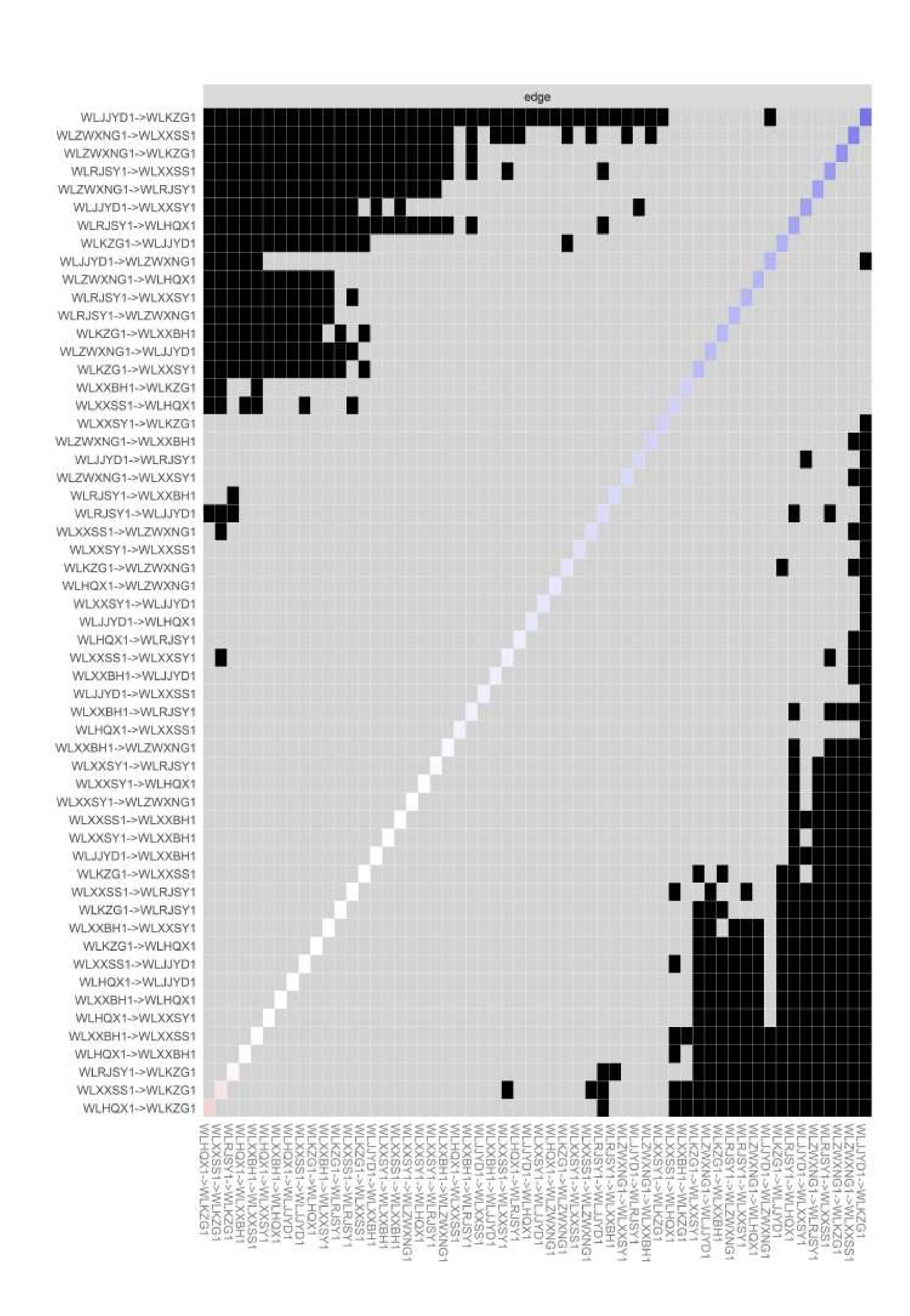


图 S8 非参数自举法检验网络适应交叉滞后网络中边线差异

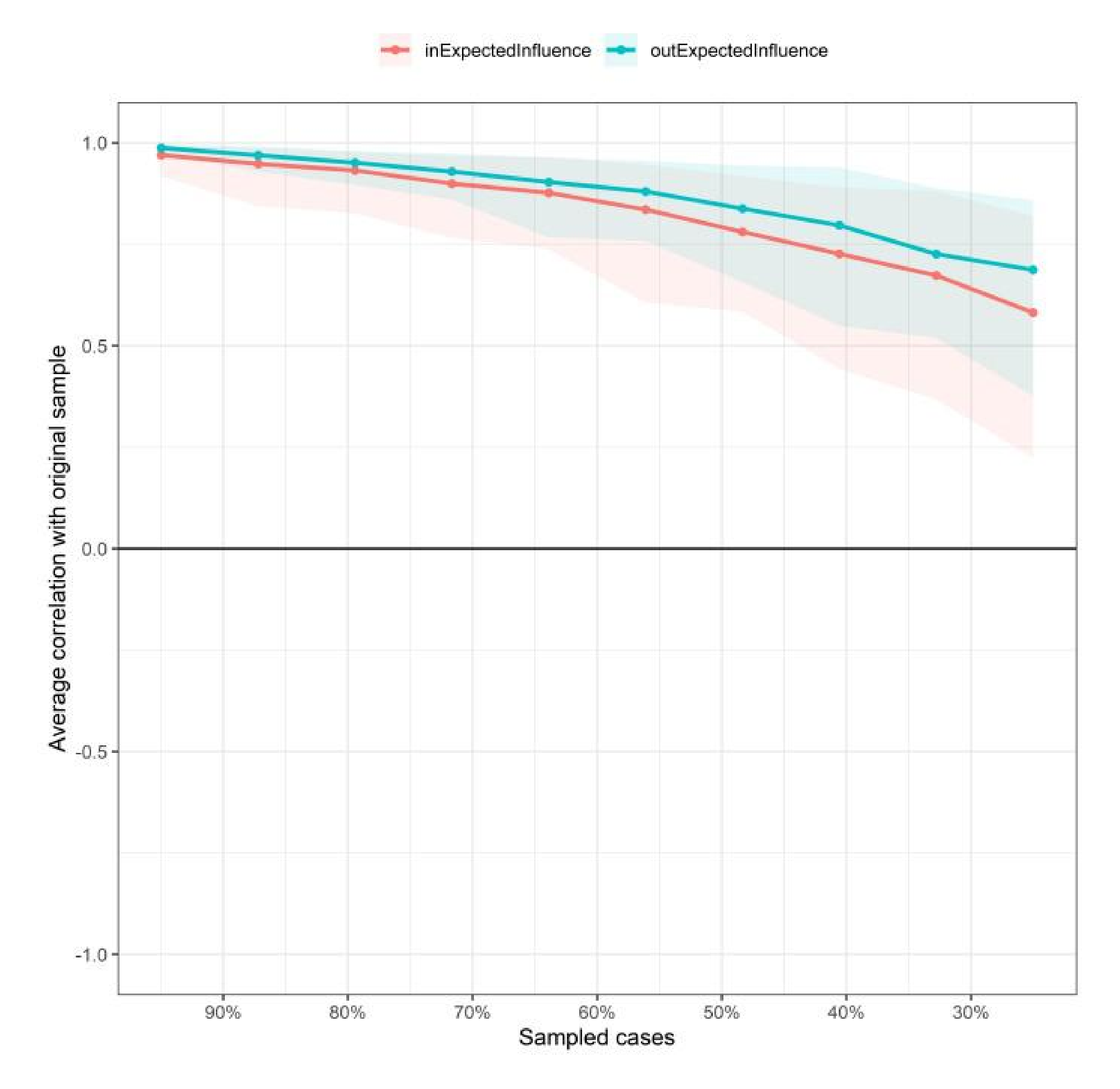


图 S9 Case-droping 方法检验网络适应和网络成瘾的交叉滞后网络中入预期影响和出预期影响的稳定性

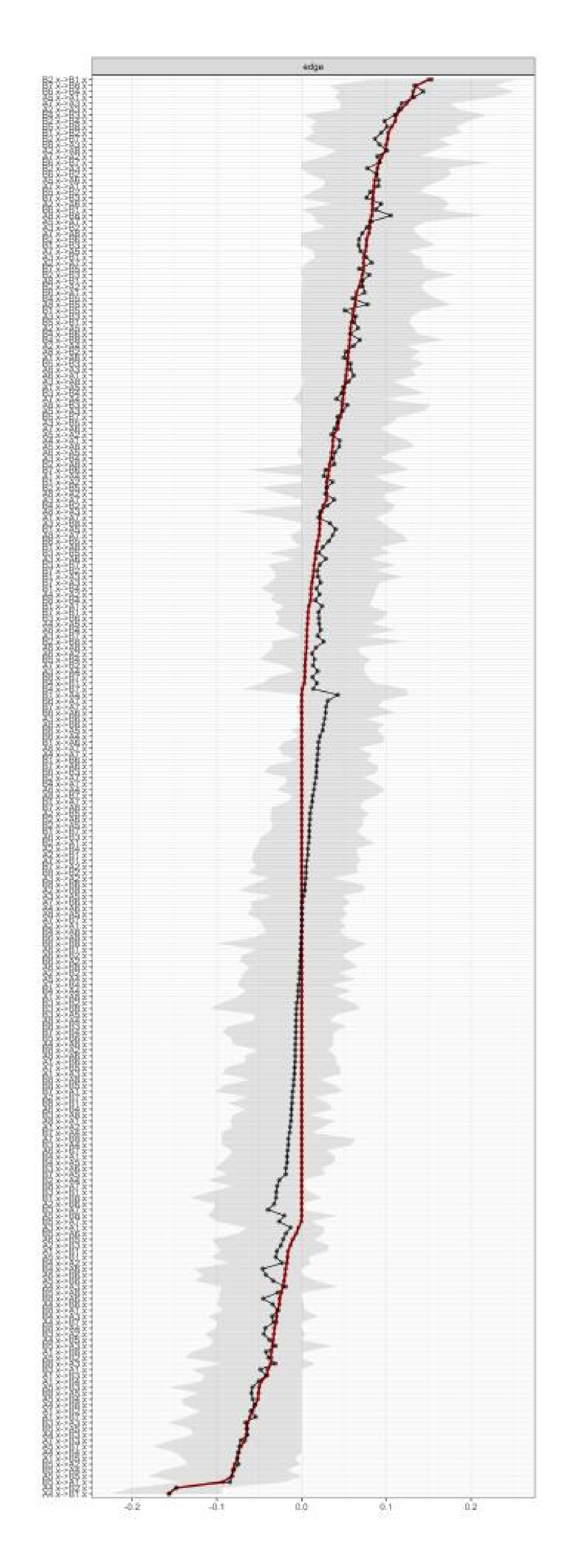


图 S10 非参数自举法检验网络适应和网络成瘾交叉滞后网络中边线估计的准确性

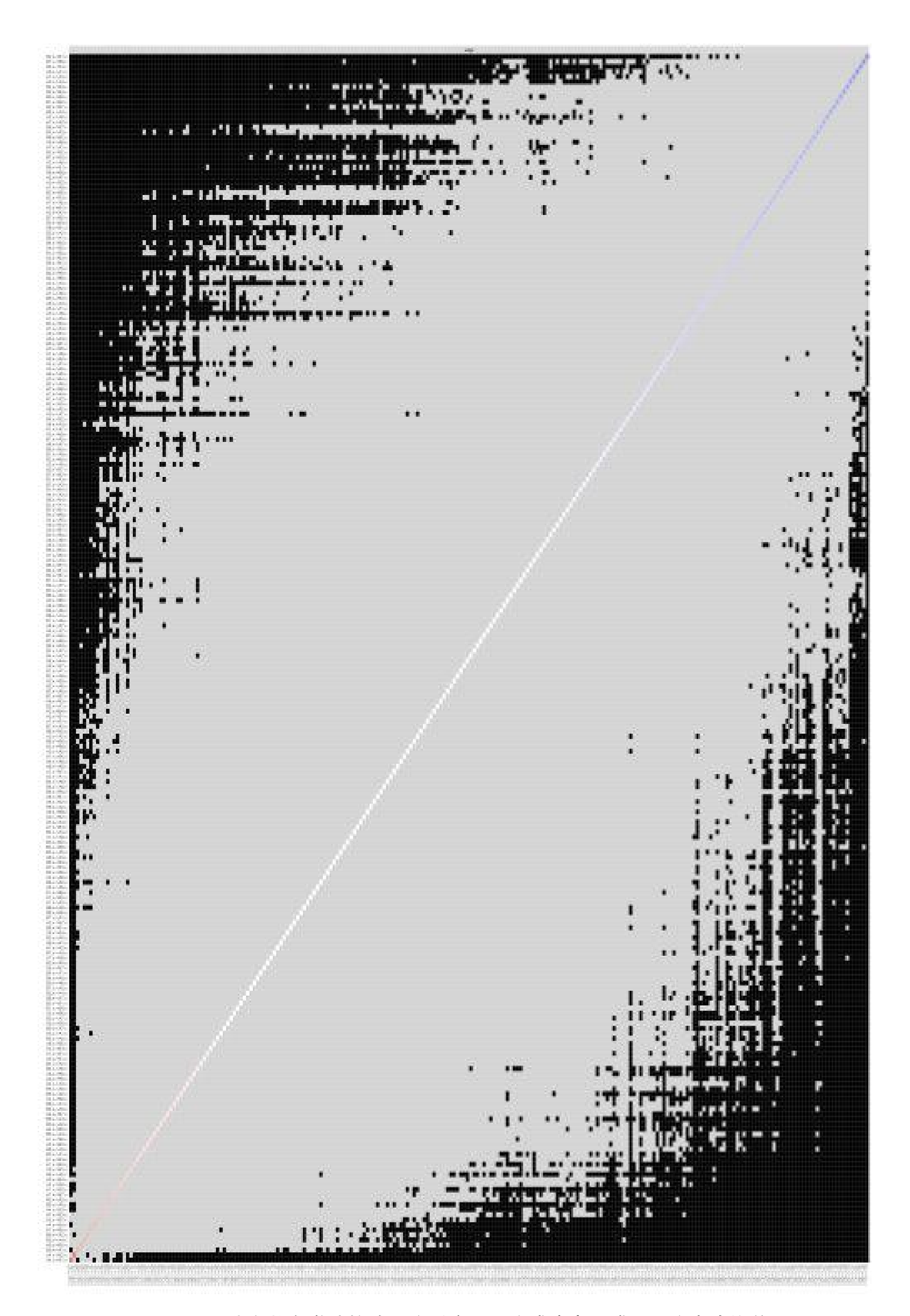


图 S11 非参数自举法检验网络适应和网络成瘾交叉滞后网络中边线差异